



ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Bilimleri Dergisi

Journal of Engineering Science
of Adiyaman University

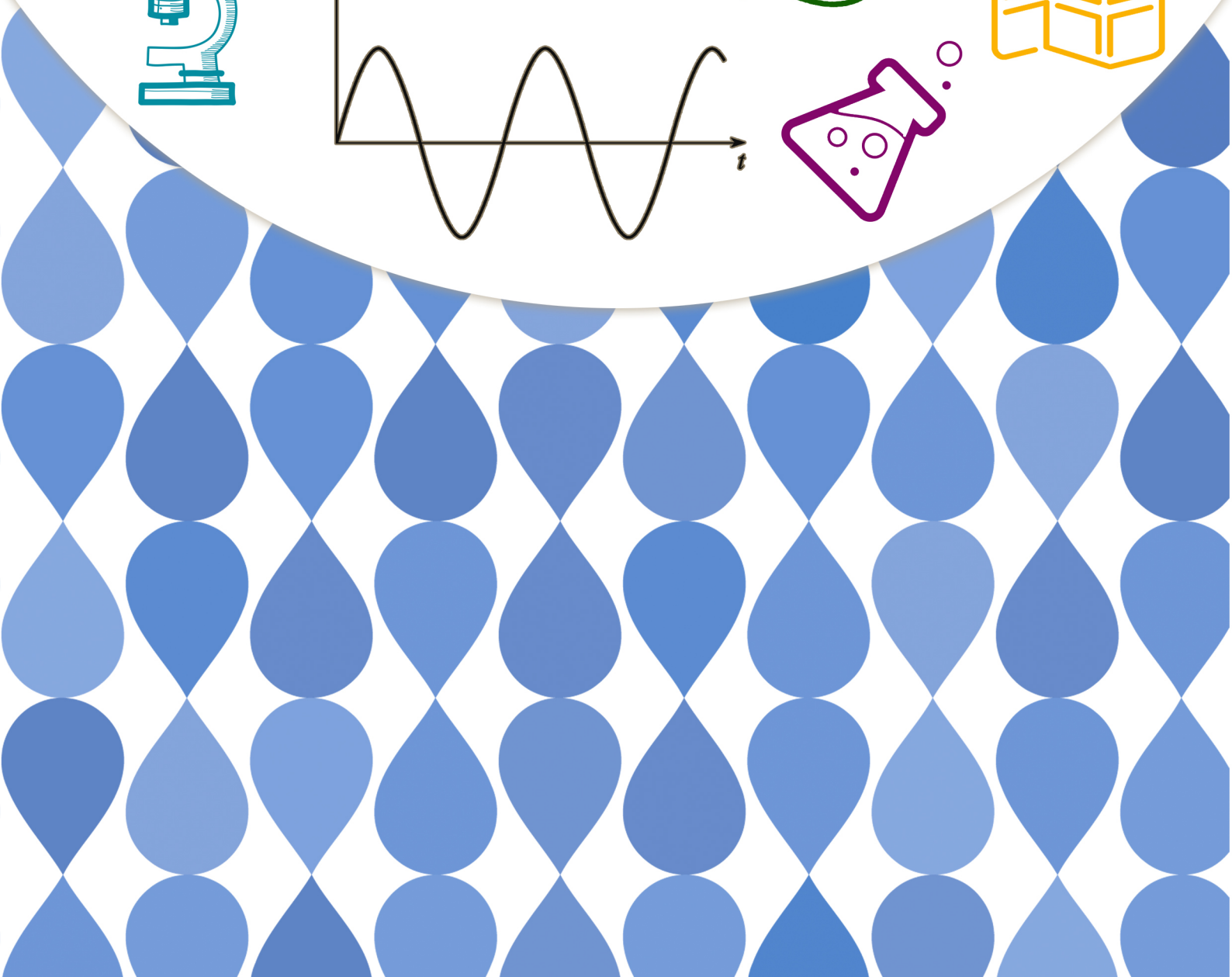
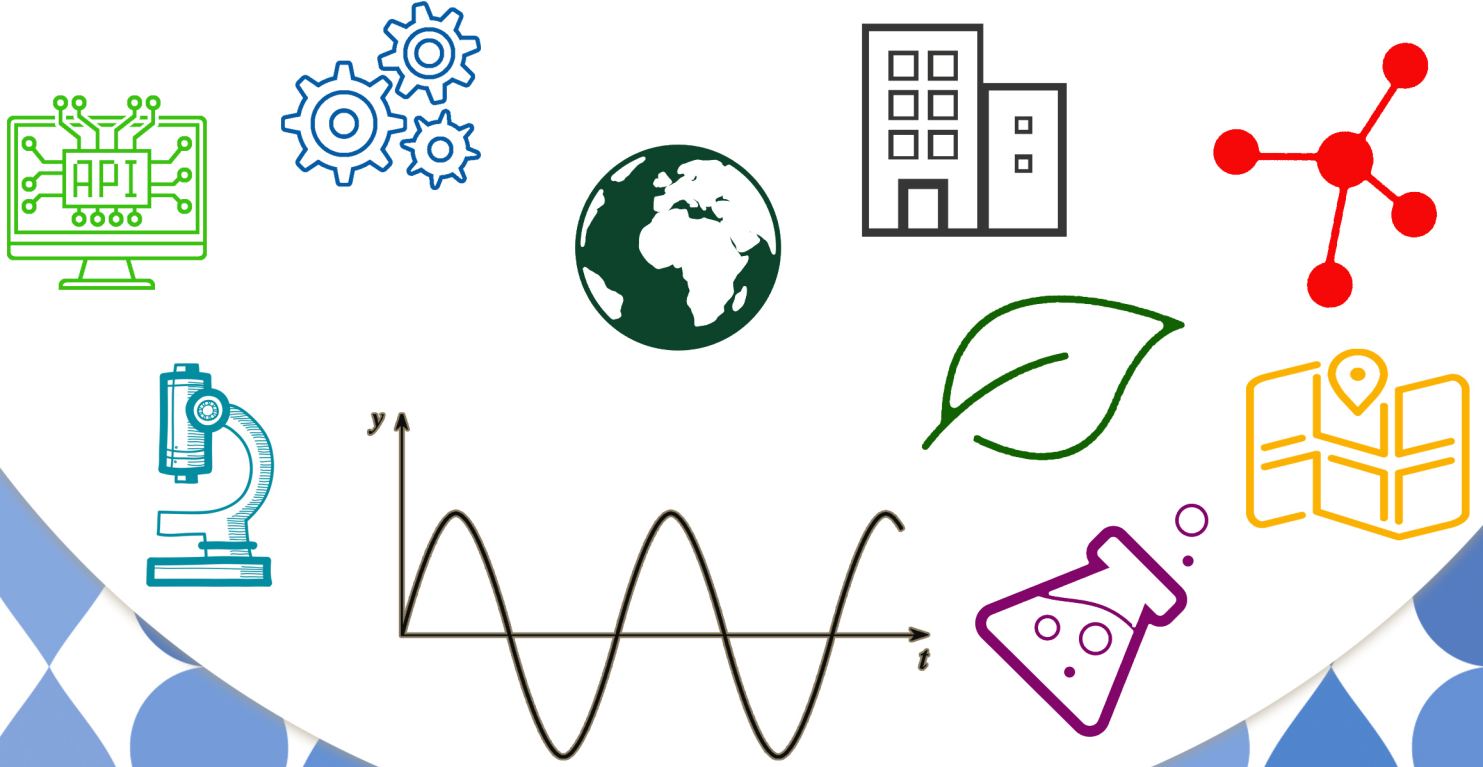
ISSN: 2149-0309

CİLT
VOLUME 9

SAYI
ISSUE 18

ARALIK
DECEMBER

2022



ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Bilimleri Dergisi

Journal of Engineering Science of Adiyaman University

ISSN: 2149-0309

Dergi Yöneticisi

Prof. Dr. Murat PALA

Cilt:9 Sayı:18

Baş Editör

Prof. Dr. Murat PALA / Baş Editör ve Alan Editörü

Editörler

Prof. Dr. Leon JOLOLIAN / Alan Editörü

Assist. Prof. Dr. Oksana KOPLAK / Alan Editörü

Dr. Thomas FEGGELER / Alan Editörü

Prof. Dr. Tanju TEKER / Alan Editörü

Doç. Dr. Harun TÜRKMENLER / Alan Editörü

Doç. Dr. Şerif ÇİTİL / Alan Editörü

Dr. Öğr. Üyesi Miraç UÇKUN / Alan Editörü

Dr. Öğr. Üyesi Saadin OYUCU / Alan Editörü

Arş. Gör. Abuzer DOĞAN / Alan, Mizanpaj ve Dil Editörü

Arş. Gör. Dr. Musa EŞİT / Alan Editörü

Yazışma Adresi / Correspondence

Address - Adiyaman Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi Dekanlığı

e-mail: mbd@adiyaman.edu.tr

Tel: 0 (416) 223 38 08

Fax: 0 (416) 223 38 09

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/adyumbd>

YAYIN KURULU/ EDITORIAL BOARD

- 1-Prof.Dr. Şemsettin TEMİZ(İnönü Üniversitesi)
- 2-Prof.Dr. Murat DEMİR AYDIN (Erzurum Teknik Üniversitesi)
- 3-Prof.Dr. İbrahim TÜRKMEN (İnönü Üniversitesi)
- 4-Prof.Dr. Naci ÇAĞLAR(Sakarya Üniversitesi)
- 5-Prof.Dr. Abdulkadir ÇEVİK(Gaziantep Üniversitesi)
- 6-Prof.Dr. Seyhan FIRAT (Gazi Üniversitesi)
- 7-Prof.Dr. Hasan OKUYUCU(Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)
- 8-Prof.Dr. Eyüp DEBİK..... (Yıldız Teknik Üniversitesi)
- 9-Prof.Dr. Yusuf TUNÇTÜRK..... (Yüzüncü Yıl Üniversitesi)
- 10-Prof.Dr. Nevzat ARTIK..... (Ankara Üniversitesi)
- 11-Prof.Dr. Hamit ADİN (Batman Üniversitesi)
- 12-Doç.Dr. Halef DİZLEK(Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi)
- 13-Doç. Dr. Yaşar AYAZ(İnönü Üniversitesi)
- 14-Doç. Dr. Aysun ŞENER.....(Adana Bilim Teknoloji Üniversitesi)

DANIŞMA KURULU/ ADVISORY BOARD

- 1-Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ(İnönü Üniversitesi)
- 2-Prof. Dr. Ergün ERÇELEBİ.....(Gaziantep Üniversitesi)
- 3-Prof. Dr. İbrahim TÜRKMEN(İnönü Üniversitesi)
- 4-Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR(Sakarya Üniversitesi)
- 5-Prof. Dr. Abdulkadir ÇEVİK.....(Gaziantep Üniversitesi)
- 6- Prof. Dr. Eyüp DEBİK.....(Yıldız Teknik Üniversitesi)
- 7- Prof. Dr. Sema Koç KAYHAN(Gaziantep Üniversitesi)

ALAN EDİTÖRLERİ / SECTION EDITORS

Prof. Dr. Murat Pala	pala@adiyaman.edu.tr	İnşaat Mühendisliği , Deprem, Betonarme
Prof. Dr. Atilla AKKOYUNLU	akkoyun@boun.edu.tr	Çevre Bilimleri ve Mühendisliği
Dr. Öğr. Üyesi Bayram YURT	byurt@bingol.edu.tr	Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
Dr. Öğr. Üyesi Faruk KÜRKER	fkurker@adiyaman.edu.tr	Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Elektrik Enerjisi ve Güç Sistemleri, Elektrik Tesisleri
Doç. Dr. Mehmet Fatih DİLEKOĞLU	dilekoglu@harran.edu.tr	Çevre Bilimleri ve Mühendisliği, Çevre Kimyası, Su Kaynakları Yönetimi, Su ve atıksu arıtma
Doç. Dr. Harun TÜRKMENLER	hturkmenler@adiyaman.edu.tr	Arıtma Tesisi Tasarımı, Çevre Kimyası, Su ve atıksu arıtma, Toprak Kirliliği ve Kontrolü, Yenilenebilir Enerji Kaynakları
Prof. Dr. İsmail BOZKURT	ibozkurt@adiyaman.edu.tr	Makine Mühendisliği, Enerji, Termodinamik, Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Prof. Dr. Kerim KÜÇÜK	kerim.kucuk@deu.edu.tr	Maden Mühendisliği, Kaya Mekaniği ve Tahkimat, Maden Tasarımı, İşletme ve Ekonomisi, Madencilik Yöntemleri ve Maden Sistem Analizi, Madenlerde İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı
Dr. Öğr. Üyesi Miraç UÇKUN	m.uckun@adiyaman.edu.tr	Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
Arş. Gör. Dr. Musa EŞİT	mesit@adiyaman.edu.tr	Atmosfer Bilimleri, Hidroloji
Doç. Dr. Mustafa ASLAN	maslan@harran.edu.tr	Su ve atıksu arıtma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları
Dr. Öğr. Üyesi Saadin OYUCU	saadinoyucu@adiyaman.edu.tr	Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği, Bilgisayar Sistem Yazılımı, Bilgisayar Yazılımı, Gömülü Sistemler, Veri Tabanları, Yapay Zeka
Doç. Dr. Senem TEKİN	senemtekin@adiyaman.edu.tr	Yer Bilimleri ve Mühendisliği, Deprem, Uygulamalı Jeoloji
Doç. Dr. Şerif ÇİTİL	scitil@adiyaman.edu.tr	Makine Mühendisliği
Doç. Dr. Seval UYANIK	suyanik@adiyaman.edu.tr	Tekstil Bilimleri ve Mühendisliği
Doç. Dr. Mihrimah ÖZMEN	mihrimah@erciyes.edu.tr	Endüstri Mühendisliği, Yöneylem Araştırması
Prof. Dr. Tanju TEKER	tanjuteker@cumhuriyet.edu.tr	İmalat Mühendisliği, Malzeme Teknolojileri
Doç. Dr. Zuhâl KARAGÖZ	zgenc@adiyaman.edu.tr	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Arş. Gör. Abuzer DOĞAN	abuzerdogan@adiyaman.edu.tr	Bilgisayar Mühendisliği

İÇİNDEKİLER- CONTENTS

1- TAGUCHI METHOD FOR OPTIMIZING TOOL WEAR RATE AND OVERCUT IN ELECTRO DISCHARGE MACHINING– “Research Article”

ELEKTRO EROZYON İLE İŞLEMEDE TAKIM AŞINMA ORANININ VE YANAL AÇIKLIĞIN TAGUCHI YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU– “Araştırma Makalesi”

Ali KALYON 471-480

2- NUMERICAL INVESTIGATION OF FLOW CHARACTERISTICS OF A NON-SLENDER LAMBDA WING UNMANNED AERIAL VEHICLE – “Research Article”

LAMBDA KANATLI BİR İNSANSIZ HAVA ARACININ AKIŞ KARAKTERİSTİKLERİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ – “Araştırma Makalesi”

Haci SOGUKPINAR, Serkan CAG 481-490

3- LAVANTA KOKUSU İÇEREN MİKROKAPSÜLLERİN PAMUKLU DOKUMA KUMAŞLARA AKTARILMASI VE KUMAŞLARDAKİ KOKU KALICILIĞININ İNCELENMESİ – “Araştırma Makalesi”

LAVENDER MICROCAPSULE APPLICATION ON COTTON WOVEN FABRICS AND THE INVESTIGATION OF FRAGRANCE PERMANANCE ON FABRICS – “Research Article”

Hatice ÇOŞKUN, Ayşe Ebru TAYYAR 491-504

4- KÜRESEL CİSİMLERİN POZİSYON KESTİRİMİNDE KUATERNİYON YAKLAŞIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ - SIZINTI TESPİT TOPU UYGULAMASI – “Araştırma Makalesi”

EVALUATION OF QUATERNION APPROACHES IN ESTIMATING THE POSITION OF SPHERICAL BODIES- LEACK DETECTION BALL APPLICATION – “Research Article”

Ersan YAZAN, M. Fatih TALU 505-518

5- SKIN LESION SEGMENTATION USING K-MEANS CLUSTERING WITH REMOVAL UNWANTED REGIONS – “Research Article ”

İSTENMEYEN BÖLGELERİN ÇIKARILMASI İLE K-ORTALAMA KÜMELEME YÖNTEMİ KULLANILARAK CİLT LEZYONU SEGMENTASYONU – “Araştırma Makalesi”

Nechirvan Asaad Zebari, Mehmet Emin TENKEKİ 519-529

6- AKTARMA (BALIKESİR) DERE SEDİMENT ÖRNEKLERİNDE BULUNAN ELEMENTLER
ARASINDAKİ İLİŞKİLER – “Araştırma Makalesi”

RELATIONSHIPS BETWEEN ELEMENTS FOUND IN AKTARMA (BALIKESİR) STREAM SEDIMENT
SAMPLES – “Research Article”

Güllü KIRAT 530-539

7- PAMUK VE VİSKON İPLİKLERDE FARKLI SPLAYS YÖNTEMLERİNİN İPLİK GERİLME ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ – “Araştırma Makalesi”

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT SPLICE METHODS ON YARN TENSILE
PROPERTIES IN COTTON AND VISCOSE YARNS – “Research Article”

Seval UYANIK 540-547

8- INVESTIGATION OF THE THERMAL COMFORT AND SURFACE PROPERTIES OF 3/1 Z TWILL
WOVEN DENIM FABRICS – “Research Article”

3/1 Z DİMİ DOKUMA DENİM KUMAŞLARIN ISIL KONFOR VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ – “Araştırma Makalesi”

Esra TAŞTAN ÖZKAN, Funda BÜYÜK MAZARI 548-561

9- ADIYAMAN İLİ TOPRAKLARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI – “Araştırma
Makalesi”

INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN THE SOILS OF THE ADIYAMAN PROVINCE –
“Research Article”

Harun TÜRKMENLER 562-570

10- KAYIPLI RESİM SIKIŞTIRMA ALGORİTMALARINI TEMEL ALAN RASTGELE SAYI ÜRETECİ –
“Araştırma Makalesi”

RANDOM NUMBER GENERATOR BASED ON LOST PICTURE COMPRESSION ALGORITHMS –
“Research Article”

Selman YAKUT 571-580

11- EFFECT OF THE FINITE ELEMENT MODELING TECHNIQUES ON THE DYNAMIC ANALYSIS OF
BEAMS – “Research Article”

SONLU ELEMEN MODELLEME TEKNİKLERİNİN KİRİŞLERİN DİNAMİK ANALİZİNE ETKİSİ –
“Araştırma Makalesi”

Ahmad Reshad NOORI, Sefa YILDIRIM 581-590

*12- GRAFİT İÇEREN NANOAKIŞKAN KULLANILARAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN
PERFORMANSLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ – “Araştırma Makalesi ”*

*IMPROVING THE PERFORMANCE OF HEAT EXCHANGERS USING GRAPHITE CONTAINING
NANOFLUID – “Research Article”*

Yağız ÇOTUR, Tarkan KOCA 591-599

TAGUCHI METHOD FOR OPTIMIZING TOOL WEAR RATE AND OVERCUT IN ELECTRO DISCHARGE MACHINING

Ali KALYON*

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Yalova University, TR-77100 Yalova, Turkey,
Geliş Tarihi/Received Date: 25.02.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 22.12.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1079127

ABSTRACT

In this study, machinability of Caldie cold work tool steel on EDM machine was experimentally investigated by using Cu-Cr-Zr electrode for tool wear rate (TWR) and overcut. In the experiment tests, discharge current, pulse duration and duty cycle were used as processing parameters. Machinability levels were determined for the lowest TWR and overcut. The effect of level parameters on TWR and overcut were calculated with the help of ANOVA. Experimental results are interpreted with using three-dimensional graphics. While the optimum machining test condition for electrode wear rate was $A_1B_1C_1$, the optimum machining level for overcut was determined as $A_1B_1C_2$. As a result of ANOVA analysis, it was calculated that discharge current was the most powerful parameter on TWR and overcut.

Anahtar Kelimeler: EDM, Copper, Overcut, Tool wear rate, Optimization

ELEKTRO EROZYON İLE İŞLEMEDE TAKIM AŞINMA ORANININ VE YANAL AÇIKLIĞIN TAGUCHI YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU

ÖZET

Bu çalışmada, Caldie soğuk iş takım çeliğinin EEİ tezgahında işlenebilirliği, takım aşınma oranı ve yanıl açıklık için Cu-Cr-Zr elektrot kullanılarak deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada işleme parametreleri olarak boşalım akımı, vurum süresi ve çevrim süresi kullanılmıştır. En düşük takım aşınma oranı ve yanıl açıklık için işlenebilirlik seviyeleri belirlenmiştir. Seviye parametrelerinin takım aşınma oranı ve yanıl açıklık üzerindeki etkisi ANOVA yardımıyla hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlar üç boyutlu grafikler kullanılarak yorumlanmıştır. Elektrot aşınma oranı için optimum işleme deney koşulu $A_1B_1C_1$ iken, yanıl açıklık için optimum işleme koşulu $A_1B_1C_2$ olarak belirlenmiştir. ANOVA analizi sonucunda elektrot aşınma oranı ve yanıl açıklık üzerinde en güçlü parametrenin boşalım akımı olduğu hesaplanmıştır.

Keywords: EEİ, Bakır, Yanıl açıklık, Takım aşınma oranı, Optimizasyon

1. Giriş

In the manufacturing industry for forming the machine parts there are many manufacturing techniques available. Electrical, thermal, mechanical, chemical, many types of energy and processing methods are the most important factors in the classification of manufacturing. Optimization of processing parameters in manufacturing techniques used to shape metal and alloy types varies. It is a known fact that this wide range of usage in machining parameters also changes the structural integrity of the machined surfaces. In addition, research on the machinability of newly developed materials in each passing period of time also reveals new manufacturing techniques to achieve the desired optimum machining parameters. Therefore, different surface structures are formed in machine parts processed by both existing and newly developed manufacturing techniques.

*1e-posta: alikalyon@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3300-1336> (Sorumlu Yazar)

Today, among these manufacturing methods, one of the most remarkable and commercially produced tool is the electro discharge machining (EDM). EDM tools were designed and produced three different types. These are sinker erosion, wire erosion and fast hole drilling electro erosion machines. Processing precision and performance of these tools, which were produced commercially after the 1960s, have been improved with technological developments [1–3]. The surfaces formed in the EDM method are in a crater structure. In other words, there is a surface structure that is formed by the overlapping of craters melted and evaporated on the workpiece surface by thousands of sparks discharged from the bottom surface of the tool during machining, which cannot be achieved with other manufacturing techniques [4,5]. For this reason, the crater dimensions and therefore the surface roughness exhibit a completely different structure. In addition, since the process is carried out in a non-conductive liquid environment. Heat affected layers are formed on the surfaces due to the rapid cooling of the dielectric liquid [6,7].

One of the most important process outputs that should be examined in evaluating the machinability criteria after processing with electro erosion is overcut. Many studies have been conducted in the literature to determine the parameters affecting overcut. In these studies, it is seen that the overcut and TWR are optimized. In many studies, prediction models for overcut have been created using mathematical modeling [8–11]. Rouniyar ve Shandilya has studied on overcut on Aluminium 6061 alloy. Box Behnken design approach was employed for experimental design to carry out the experiments. Experimental results showed discharge current as the most important parameters for overcut as compared to other process parameters on account of higher F-value. Confirmatory experiments revealed good correlation between optimum and experimental results [12]. Belgassim and Abusaada investigated the EDM machining characteristics of hardened AISI D3 tool steel. The machining response is the overcut of the process (OC), and the input parameters are pulse current I_p , pulse-on time T_{on} , pulse-off time T_{off} , and the gap voltage V_g . The experimental results have provided the optimal combination of input parameters that gives the minimal overcut on the machined surface [13]. Chiang and Wang the were investigated variation of the side overcut and the bottom overcut, the electrode dimensions, the spark hole dimensions, and the machine positioning accuracy in the EDM. The experiment results show that the coupling effect between the electrode diameter and spark hole diameter is an important factor for estimating the variation of the side overcut in the EDM process [14]. Dewangan et al examined the surface integrity by using the multi objective optimization technique in their studies. Using the optimization technique, they enhanced surface crack density, white layer thickness and surface roughness [15]. Pradhan increased machinability efficiency with the developed hybrid model. Tool wear and radial overcut have been minimized in EDM of AISI D2 tool steel. Determined the effects of machinability parameters using the response surface method and grey relationship method [8]. Using the response surface method, Muthukumar et al. developed a prediction model for radial overcut in electro discharge machining of Incoloy 800 superalloy. As a result of their studies, they stated that the most effective parameter for radial overcut is the discharge current [16]. Ahmed et al. Optimized tool wear and overcut for Titanium alloy using Taguchi L_9 experiment set. They recommended the electrode to be used in positive polarity to minimize tool wear. They obtained the lowest overcut value with the copper electrode in negative polarity [10].

The most important factor in achieving the precision of electro discharge machining is low electrode wear. The wear on the electrode directly affects the dimensions of the profile to be machined. In this study, an optimization technique study was carried out for TWR and overcut during the machining of Caldie cold work tool steel. In the study, three different levels were used for discharge current, pulse duration and duty cycle. Using ANOVA analysis, the effect levels of parameters on TWR and overcut were determined. Experimental results were interpreted with the help of graphics.

2. Materials and Methods

Electro erosion processing experiments were carried out Furkan EDM M25A type machine. The experimental procedure is shown in Figure 1. Cur-Cr-Zr copper alloy with high electrical conductivity

was used as the electrode material in the experimental studies. Since Cu-Cr-Zr electrode is alloyed with chrome and zirconium, its hardness is higher than pure copper. Electrodes are commercially available in sizes 15x15mm. The chemical content of Cu-Cr-Zr electrode is given in Table 1.

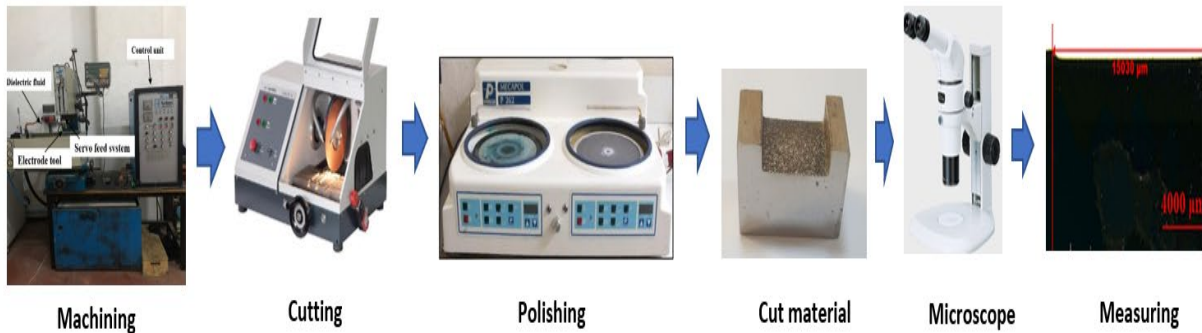


Figure 1. Experimental procedure

Table 1. The chemical content of Cu-Cr-Zr electrode.

Element	Cr	Zr	Others	Cu
weight(%)	1	0,1	0,2	Balance

Caldie cold work tool steel was used as a workpiece in the experimental study. Caldie steel is used in molds where high toughness and compression strength are required. Table 2 shows the chemical content of Caldie cold work tool steel. Discharge current, pulse duration and duty cycle are used as processing parameters. Gas oil was used as dielectric medium fluid and lateral spraying with 0,4 pressure. Processing depth was kept constant at 1 mm in experimental studies. Electrodes were prepared separately for each experimental condition. The machining surfaces of the electrodes have been polished with using sandpaper. Equation 1 shows the calculation of TWR. In this equation T_i is the initial weight of the electrode and T_f is the final weight, q is the density and t is the processing time.

Table 2. Chemical content of Caldie cold work tool steel.

Element	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Fe
weight(%)	0,7	0,2	0,5	5,0	2,3	0,5	Balance

$$TWR(mm^3/min) = \frac{(T_i - T_f)}{\rho \times t} \quad (1)$$

Experimental study was carried out using Taguchi L9 experiment set. Table 3 shows the experimental parameters and levels. Three different parameters (3-6-9 A) for the discharge current, three different parameters (200-400-800 μ s) for the pulse duration and three different duty cycles levels (0.4-1.6-3.2) were used. Pulse off was used constant as 200 μ s. The "smaller is better" technique was used to evaluate the experimental results obtained in Taguchi optimization method. Because electro erosion machining requires a low TWR for good dimensional accuracy. The low TWR will provide lower overcut values after machining. Equation 2 is used for the "smaller is better" in Taguchi method. In Equation 2 y_i is the performance response, i is the observation value and n is the number of tests in an experiments [17,20].

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2)$$

Table 3. Experiment set and parameters.

Factor	Unit	Level 1	Level 2	Level 3
Discharge current	A	3	6	9
Pulse duration	μs	200	400	800
Duty cycle	-	0,4	1,6	3,2

3. Results and Discussion

Machining parameters and their levels are greatly affecting the machinability of EDM. For this purpose, determining the machinability parameters for the material and tool is an important issue in EDM. In this study, the machinability of Caldie cold work tool steel with Cu-Cr-Zr electrode was investigated. In the experimental set, discharge current, pulse duration and duty cycle were used. As a result of the experimental study, the TWR and overcut were examined. The experimental results are shown in Table 4. When the test results are examined, the highest TWR was calculated as 1,226 mm³/min at the experimental condition of 9 A, 800 μs pulse duration and 1,6 duty cycle. The highest overcut value was measured as 0,75 mm under the same test condition. It is seen that the lowest TWR and overcut values are 0,225 mm³ /min and 0,21 mm at 3 A, 200 μs pulse duration and 0,4 duty cycle conditions, respectively.

Table 4. Experimental results.

Sq.	Ip (A)	Ton (μsn)	Duty cycle	TWR mm ³ /min	Overcut mm
1	3	200	0,4	0,225	0,21
2	3	400	1,6	0,291	0,25
3	3	800	3,2	0,355	0,30
4	6	200	1,6	0,676	0,34
5	6	400	3,2	0,716	0,42
6	6	800	0,4	0,788	0,45
7	9	200	3,2	0,930	0,61
8	9	400	0,4	1,025	0,68
9	9	800	1,6	1,226	0,75

3.1 Analysis of Tool Wear Rate

Figure 2 shows the S / N ratios of the processing parameters obtained after the Taguchi optimization study for the TWR. When Figure 2 is examined, it is seen that the most effective factors in TWR after processing Caldie cold work tool steel with Cu-Cr-Zr electrode are respectively discharge current, pulse duration and duty cycle.

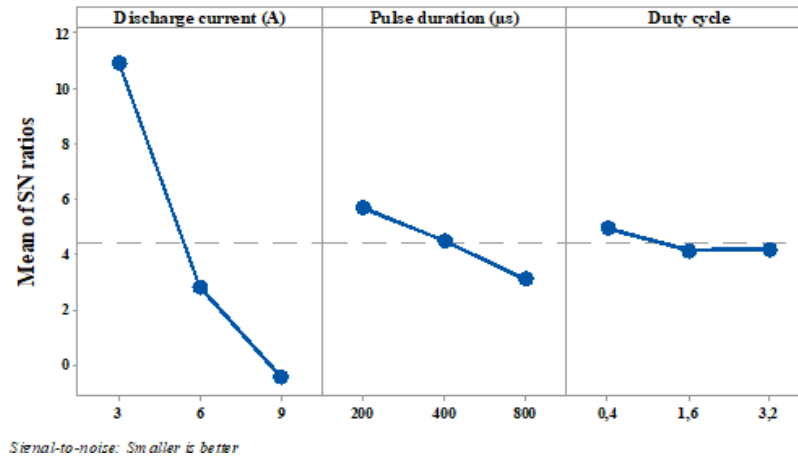


Figure 2. Main effects plot for S/N ratios

The impact of processing parameters and levels on TWR, the S / N ratios demonstrated in Figure 2 were indexed in Table 5. These values given in Table 5 show the effect of each level of factors on TWR. The most influential factor and levels are in bold. As a consequence, the Taguchi optimization study, it is seen that the most powerful factors and levels for TWR are discharge current (1), pulse duration (1), duty cycle (1).

Table 5. S/N ratios for TWR.

Level	Discharge current (A)	Pulse duration (µs)	Duty cycle
1	10,8913	5,6626	4,9371
2	2,7908	4,4698	4,1178
3	-0,4513	3,0984	4,1758
Delta	11,3426	2,5642	0,8193
Rank	1	2	3

Figure 3 shows the effects of discharge current, pulse duration and duty cycle on TWR. When Figure 3.a is examined, it is seen that the increase in the discharge current and the pulse duration increases the TWR. In the graph, it is seen that the discharge current has a higher effect on the TWR compared to the pulse duration. In applications, the sparks that occur between the workpiece and the electrode pair cause a decrease in size not only in the workpiece but also in the electrode. This accelerates the wear rate of the electrode [17]. Figure 3.b shows the pulse duration and duty cycle on TWR. It is seen that there are unstable wear rates in tool wear according to duty cycle and pulse duration. It is seen that the TWR is affected more by the discharge current and the pulse duration. Figure 3.c shows that the TWR on the set increases depending on the discharge current, and the amount of wear does not change depending on the duty cycle. It can be seen that the discharge current is the first-degree effective parameter on TWR. Using low discharge current levels of EDM applications will reduce the TWR, but this will also lead to increased processing times.

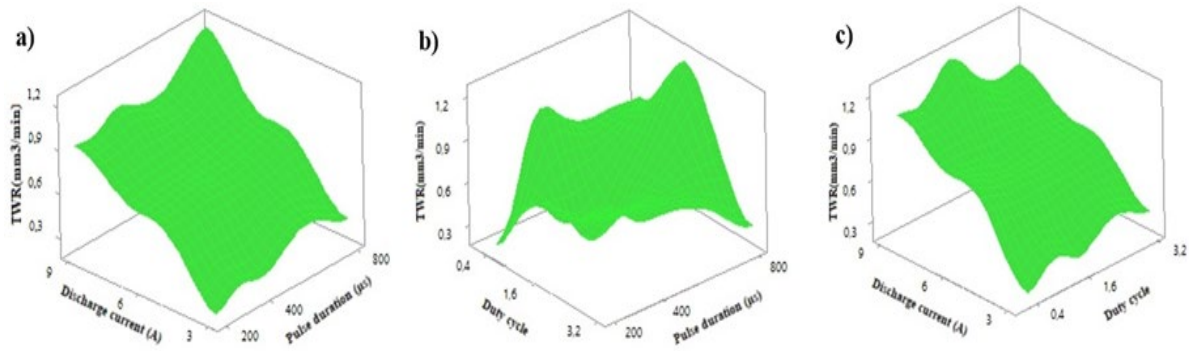


Figure 3. Effect of parameters on TWR

TWR increased significantly in all pulse durations for increasing current values in experiments with both types of materials. This is because, with the increase of discharge energy in the processing zone, more discharge energy is transmitted to the electrode material. In the experiments, it was observed that the TWR increased with the increase of the discharge current. In all experiments, since most of the discharge energy applied in long pulse durations cannot be transmitted to the electrode body as heat, the TWR of the electrode set, which melts and evaporates more material in proportion to the discharge time, increased. As can be seen from these results, the increases in the large values of the discharge current caused large increases in the TWR.

An increase in the value of TWR with an increase in pulse duration is a result that has also been obtained in previous studies. The tendency of the TWR value to decrease after the pulse duration of 50 µs has been interpreted by some researchers as the carbon released by the decay of the dielectric liquid and the melting of the workpiece during long pulse durations, adhering to the surface of the electrode and increasing its wear resistance [18,21]. Another known reason is that most of the discharge energy given during long pulse duration is also transmitted as heat transfer to the electrode body and can melt and evaporate more materials in proportion to the duration of the plasma channel formed [6,11].

ANOVA study has been conducted to better understand the graphics shown in Figure 2 and to express them statistically. ANOVA analysis of TWR is shown in Table 6. When Table 6 is examined, the discharge current is the most powerful parameter on the TWR with 93,658%. Pulse duration and duty cycle are parameters that affect TWR at 5,157% and 0,724, respectively.

Table 6. ANOVA analysis results for TWR.

Source	Adj SS	Adj MS	F Value	PCR
Ip (A)	0,89462	0,447310	203,87	93,658
Ton (µs)	0,04926	0,024634	11,23	5,157
Duty cycle	0,00691	0,003459	1,58	0,724
Error	0,00438	0,002194		0,459
Total	0,95519			100

3.2 Analysis of Overcut

Figure 4 shows the S / N ratios of the processing parameters obtained after the Taguchi optimization study for overcut. When Figure 4 is examined, it is seen that the most effective factors for overcut after

processing Caldie cold work tool steel with Cu-Cr-Zr electrode are respectively discharge current, pulse duration and duty cycle.

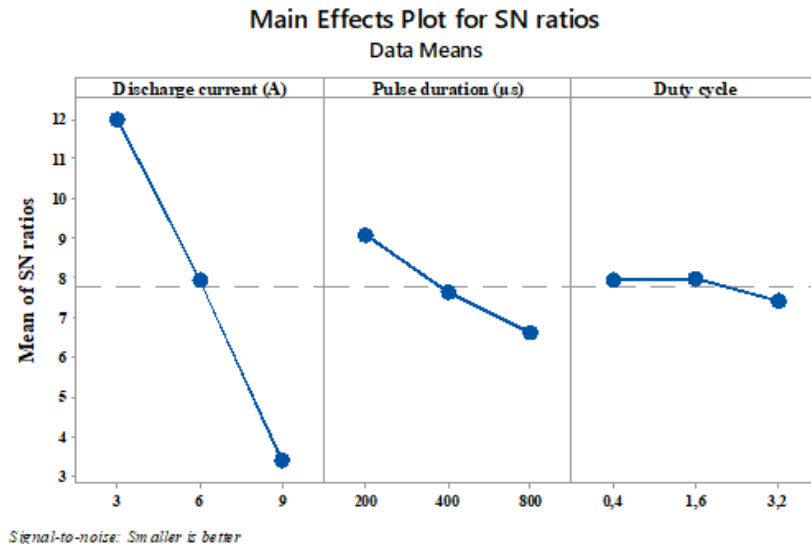


Figure 4. Main effects plot for S/N ratios

S / N ratios shown in Figure 3 are tabulated in Table 7 in order to better understand the effects of processing parameters and levels on overcut. These values given in Table 7 show the effect of each level of factors on overcut. The most influential factor and levels are in bold. As a consequence of the Taguchi optimization study, it is seen that the most powerful factors and levels for overcut are discharge current (1), pulse duration (1) and duty cycle (2).

Table 7. S/N ratios for overcut.

Level	Discharge current (A)	Pulse duration (µs)	Duty cycle
1	12,018	9,073	7,947
2	7,947	7,642	7,970
3	3,381	6,631	7,429
Delta	8,637	2,442	0,541
Rank	1	2	3

Figure 5.a shows the pulse duration and the effect of duty cycle on overcut graphically. When the graph is examined, it is seen that the overcut value increases after the pulse duration 400 µs. The pulse duration is the elapsed time between the start of the spark discharge and the end of the spark. In other words, the long pulse duration means that the same discharge energy flows to the workpiece for a longer time. This means that spark strikes to the processed lateral surfaces per unit time at the same current value in a longer time and more material is removed from the surface of the workpiece. This situation causes the overcut value to increase with the increase of the pulse time. Figure 5.b shows that with the increase in duty cycle, the overcut value also increases. Figure 5.c shows the change in overcut value depending on duty cycle and discharge current. When the gaps are examined, it is seen that the overcut value does not change depending on the duty cycle. This indicates that the duty cycle parameter has a low effect on the overcut value.

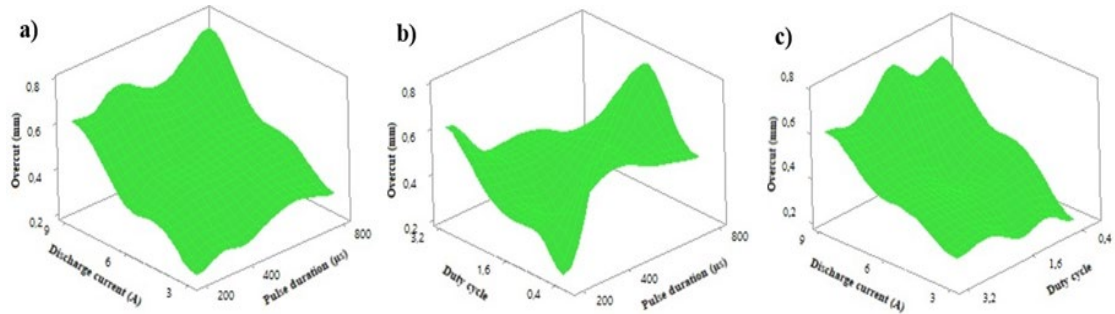


Figure 5. Effect of parameters on overcut

Figure 5 shows the effects of discharge current, pulse duration and duty cycle on overcut. In Figure 5.a, it is seen that the overcut value increases with the increase of the discharge current. When the discharge current is increased, the tool creates a spark from the same locations along the processing line with more discharge energy in the same time period and thus increases the machining area by enabling more material to be processed. The increased processing area also causes the channel width to increase. Figure 6.a shows the microscope image of the processed material with a 15x15 mm copper electrode with a 3 A discharge current, 800 μs pulse duration and 3,2 duty cycle. Figure 6.b shows the microscope image of the material processed at 9 A discharge current, 800 μs pulse duration and 1,6 duty cycle. After processing Figure 6.a, the channel width was measured as 15030 μm . In Figure 6.b, the channel width after processing was measured as 15750 μm . High levels of discharge current and pulse duration appear to increase the width of the working channel.

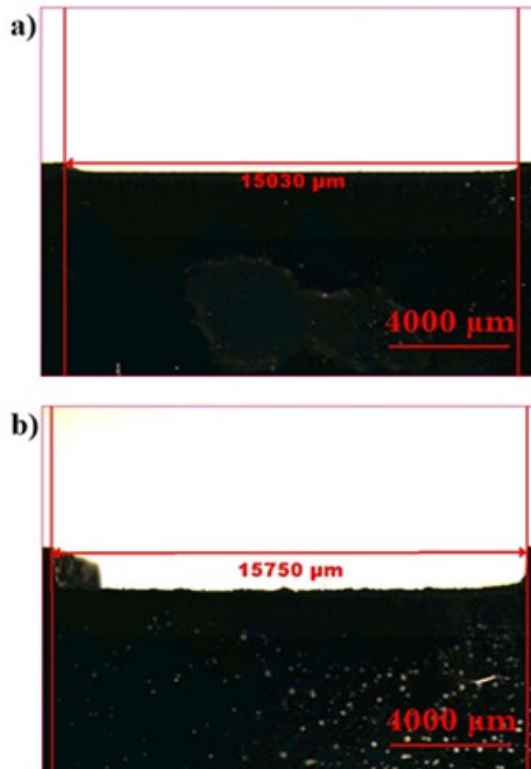


Figure 6. Microscope of image of machined parts

Table 7 shows the values obtained as a result of the ANOVA study for overcut. When Table 7 is examined, the discharge current is the most effective parameter on overcut with 93,25%. Pulse duration and duty cycle are the parameters that affect overcut with 6,42%, 0,01% respectively.

Table 8. ANOVA analysis results for overcut.

Source	Adj SS	Adj MS	F Value	PCR
Ip (A)	0,281089	0,140544	294,16	93,25
Ton (µs)	0,019356	0,009678	20,26	6,42
Duty cycle	0,000022	0,000011	0,02	0,01
Error	0,000956	0,000478		0,32
Total	0,301422			100,00

4. Conclusions

TWR and overcut is one of the most important issues affecting the performance of machining with electro erosion. For this purpose, in this study, the effects of discharge current, pulse duration and duty cycle on EDM machining were investigated. Optimization study were applied on the experimental outputs after machining. Optimum machining levels were determined for machining parameters. With the ANOVA analysis, the effect levels of the parameters on the processing output were determined. As a result of the experimental study, it has been determined that the discharge current is the most effective parameter on TWR and overcut. Increasing discharge current increases TWR and overcut. In the optimization process, $A_1B_1C_1$ experiment set was calculated for the lowest TWR. Optimized experimental condition for the lowest overcut value was determined as $A_1B_1C_2$. As a result of ANOVA analysis, the effect of discharge current was 93,658% for TWR and 93,25% for overcut respectively. Duty cycle value has been calculated to have a low effect on TWR and overcut. It has been determined that the discharge current and pulse duration values to be used at low levels for better dimensional accuracy.

References

- [1] Sahu B. K., Datta S. and Mahapatra S. S. On Electro-Discharge Machining of Inconel 718 Super Alloys: An Experimental Investigation. *Materials Today: Proceedings* 2018; 5: 4861–9.
- [2] Jafarian F. Electro discharge machining of Inconel 718 alloy and process optimization. *Materials and Manufacturing Processes* 2020; 35: 95–103.
- [3] Rahul, Datta S., Bhusan B. B. Experimental Studies on Electro-Discharge Machining of Inconel 825 Super Alloy Using Cryogenically Treated Tool/Workpiece. *Journal of the International Measurement Confederation* 2019; 145: 611–30.
- [4] Mahdiah M. S. The Surface Integrity of Ultra-Fine Grain Steel, Electrical Discharge Machined Using Iso-Pulse and Resistance–Capacitance-Type Generator. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L* 2020; 234: 564–73.
- [5] Mascaraque-Ramírez C. and Franco P. Comparison Between Different Methods for Experimental Analysis of Surface Integrity in Die-Sinking Electro-Discharge Machining Processes. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B* 2020; 234: 479–88.
- [6] Niamat M, Sarfraz S, Shehab E, Ismail S. O. and Khalid Q. S.. Experimental Characterization of Electrical Discharge Machining of Aluminum 6061 T6 Alloy Using Different Dielectrics. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44, pp. 8043–52.

- [7] Tiwary A. P., Pradhan B. B. and Bhattacharyya B. Influence of Various Metal Powder Mixed Dielectric on Micro-EDM Characteristics of Ti-6Al-4V. *Materials and Manufacturing Processes* 2019; 34: 1103–19.
- [8] Pradhan D. M. K. Multi-Objective Optimization of MRR, TWR and Radial Overcut of EDMed AISI D2 Tool Steel Using Response Surface Methodology, Grey Relational Analysis And Entropy. *Journal for Manufacturing Science and Production* 2012; 12: 51–63.
- [9] Dave H. K., Mathai V. J., Mayanak M. K., Raval H. K. and Desai K. P. Study on Effect of Process Parameters on Overcut and Tool Wear Rate During Micro-Electro-Discharge Slotting Process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2016; 85: 2049–60.
- [10] Ahmed N., Ishfaq K., Rafaqat M., Pervaiz S., Anwar S. and Salah B. EDM of Ti-6Al-4V: Electrode and Polarity Selection for Minimum Tool Wear Rate and Overcut. *Materials and Manufacturing Processes* 2019; 34: 769–78.
- [11] Pradhan M. K. Estimating the Effect of Process Parameters on MRR, TWR and Radial Overcut of EDMed AISI D2 Tool Steel by RSM and GRA Coupled with PCA. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2013; 68: 591–605.
- [12] Rouniyar A. K., Shandilya, P. Semi-empirical modeling and optimization of process parameters on overcut during MFAPM-EDM of Al6061 alloy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering* 2021; 235: 1784-1796.
- [13] Belgassim, O., Abusaada, A. Investigation of the influence of EDM parameters on the overcut for AISI D3 tool steel. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 2012; 226: 365-370.
- [14] Chiang, H. N., Wang, J. J. An analysis of overcut variation and coupling effects of dimensional variable in EDM process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2011; 55: 935-943.
- [15] Dewangan S., Biswas C. K. and Gangopadhyay S. Optimization of the Surface Integrity Characteristics of EDM Process Using PCA based Grey Relation Investigation. *Procedia Materials Science* 2014; 6: 1091–6.
- [16] Muthukumar V., Rajesh N., Venkatasamy R., Sureshbabu A. and Senthilkumar N. Mathematical Modeling for Radial Overcut on Electrical Discharge Machining of Incoloy 800 by Response Surface Methodology. *Procedia Materials Science* 2014; 6: 1674–82.
- [17] Lin Y. C., Wang A. C., Wang D. A. and Chen C. C. Machining Performance and Optimizing Machining Parameters of Al₂O₃-TiC Ceramics Using EDM Based on the Taguchi Method. *Materials and Manufacturing Processes* 2009; 24: 667–74.
- [18] Lin M. Y., Tsao C. C., Huang H. H., Wu C. Y. and Hsu C. Y. Use of the Grey-Taguchi Method to Optimise the Micro-Electrical Discharge Machining (Micro-EDM) of Ti-6Al-4V Alloy. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 2015; 28: 569–76.
- [19] Kalyon A. Elektro Erozyon ile İşlemede Yüzey Pürüzlülüğünün ve İş Parçası İşleme Hızının Taguchi Tekniği ile Optimizasyonu Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi 2019; 21: 595–605.
- [20] Mohri N., Suzuki M., Furuya M., Saito N., and Kobayashi A. Electrode Wear Process in Electrical Discharge Machinings. *CIRP Annals* 1995; 44: 165–8.
- [21] Chen S. L., Yan B. H. and Huang F. Y. Influence of Kerosene and Distilled Water as Dielectrics on the Electric Discharge Machining Characteristics of Ti-6Al-4V. *Journal of Materials Processing Technology* 1999; 87: 107–11.

NUMERICAL INVESTIGATION OF FLOW CHARACTERISTICS OF A NON-SLENDER LAMBDA WING UNMANNED AERIAL VEHICLE

Haci SOGUKPINAR, Serkan CAG^{2*}

¹ Department of Electric and Energy, Vocational School, University of Adiyaman, Adiyaman 02040, Turkey

² Department of Machinery and Metal Technology Vocational School, University of Adiyaman, Adiyaman 02040, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 09.03.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 16.09.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1085034

ABSTRACT

In this paper, the low-speed aerodynamic performance of lambda wing with a chord length of $c=210$ mm and sweep angle of $\Lambda =51^\circ$, thickness 3 mm, and beveled leading edges on the windward side with an angle of 58° is investigated numerically. Reynolds Average Navier Stokes (RANS) theorem equations with Spalart-Allmaras turbulence model were solved up to an angle of attack 45° for incompressible flow around the wing surface and, are compared to experiment to corralete simulation precision of computational fluid dynamic approaches. Detail about the aerodynamic performance of lambda wing including development and formation of the leading-edge vortex (LEV), the interaction of flow with the surface, flow separations, and stall are studied, presented, and discussed. LEV was started at 5° , vortex breakdown was observed at halfway along the leading edge at the angle of 20° , finally, by the time angle is 30° , bursting vortex gives a way to stall stage.

Keywords: LEV, CFD, delta wing, lambda wing,

LAMBDA KANATLI BİR İNSANSIZ HAVA ARACININ AKIŞ KARAKTERİSTİKLERİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Bu Çalışmada, giriş uzunluğu $c=210$ mm, süpürme açısı $\Lambda=51^\circ$, kalınlığı 3 mm ve rüzgar yönüne 58° açı ile eğimli hücum kenarına sahip lambda kanadının düşük hızlı aerodinamik performansı nümerik olarak incelenmiştir. Spalart-Allmaras türbülans modeli ile Reynolds Ortalama Navier Stokes (RANS) teorem denklemleri, kanat yüzeyi etrafındaki sıkıştırılmaz akış için 45° lik bir hücum açısına kadar çözülmüş ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği yaklaşımlarının simülasyon etkinliğini doğrulamak için deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Ön uç girdabının (LEV) gelişimi ve oluşumu, akışın yüzey ile etkileşimi, akış ayrımları ve stol dahil olmak üzere lambda kanadının aerodinamik performansı hakkında ayrıntılar incelenmiş ve tartışılmıştır. LEV oluşumu 5° lik hücum açısında oluşmaya başlamış, 20° lik eğimde hücum kenarı boyunca yarı yolda girdap kırılması gözlemlenmiş, son olarak hücum açısı 30° olduğunda, stol durumuna geçmiştir.

Anahtar Kelimeler: LEV, CFD, delta kanadı, lambda kanadı.

1. Introduction

Lambda wing has aerodynamic superiority compared to another low sweep ($\Lambda<60^\circ$) delta wing, and varied configurations have been preferred for several UCAV projects. Development of new type of unmanned aerial vehicle (UAV) was started in early 2000 which can be used in battle missions while sustaining the low-cost advantage of UAVs [1]. One of the initial research projects was conducted by Boeing for X45-A and later several incremental developments were added and more advanced form like

* e-posta¹ : hsogukpinar@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9467-2005>

e-posta² : scag@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1088-448X>

X45-C with lambda wing was created. Shortly after, another Lambda wing version X47-A for the naval mission was developed by US Navy and Northrop Grumman. Conversely, X45-C development continued with NASA for further capabilities and was later named Phantom Ray [2]. Another Lambda wing UCAV project is a French/International program led by Dassault Aviation started in 2003, with the first flight over France in 2012 and lately finished key combat capability and stealth assessments [3]. Taranis is another UCAV project with a modified Lambda wing and projected by BAE Systems in collaboration with many companies. This project was built on experimentation and learning gained from the Taranis and Neuron program [4]. Some other UCAV projects related to lambda wing have been reported in India and China. Aura is an Indian UCAV project and is under development and expected to be operational by 2023 [5]. Lijian (Sharp Sword) is a Chinese UCAV project and is still under development but some of the flight tests were conducted in 2013[6]. Today expectations from UCAV projects are beyond dreams but some of the designs already completed basic combat capability and stealth evaluations. Shortly, UCAV will be replaced by the current warplanes and attract so many g's than manned aircraft with improved combat capability. The Turkish-made UAV TB2 is used actively in Azerbaijan, Karabakh and then in Ukraine, and it is frequently mentioned by changing the war concept of the world. In the last three decades, many theoretical and experimental studies have been conducted to understand the aerodynamic capacity of the delta wing. Vortex development and breakdown is a major steady and unsteady aerodynamic phenomenon for the low sweep delta wings. UCAV aircraft was studied both experimentally and numerically [7]. A wind tunnel observation was managed with the Boeing 1301 UCAV at various angles of attack up to 70 degrees. In the experiment, the stall occurred at the angle of 30° but the stall is not deep, and lift variations continued up to deep stall happened at the angle of 32°. Another Experiment was conducted for the flow field distribution over a lambda wing [8], two types of leading-edge such as sharp and round were implemented to the wing, and pressure and velocity circulation were studied using a Pitot tube and a hot wire anemometer. The sharp edge produced more vortices than the round edge. On the other hand, flow structure on a diamond and lambda wing was investigated by using PIV and dye visualization [9]. In the study, end view streamlines and vorticity pattern were presented and compared for the varying angle of attack. In a similar study [10] end view vorticity pattern was investigated by varying yaw angle from 0° to 20° at the angle of attack up to 35°. As the changing up the yaw angle, flow symmetry distorted continually and in the dispersed windward side, leading-edge vortices covered a majority part of the flow domain. Conversely, on the lee-ward side, leading-edge vortices covered only a small part of the flow domain. Another investigation was performed to investigate the aerodynamic properties of a flying wing configuration [11] as a part of the DLR internal project UCAV-2010. Vortical flow over lambda wing and interactions were investigated for the compressible flow conditions. In another numerical study [12], DLR-F19 lambda model was investigated with two different CFD data and were checked with experimental observation. Lift and drag coefficients and pitching moment coefficient were calculated and checked with numerical methods. The numerical investigation for the flow field over VFE-2 delta wing configuration with rounded leading edges was conducted by using the Cobalt Navier–Stokes solver and dual primary eddy flow topology studied and presented, particularly the sensitivity of the flow concerning the attack angle and Reynolds numbers [13]. In another numerical calculation, Synthetic jet control of the asymmetrical flow field of the flying wing for an UAV was investigated and the study showed that synthetic jet control cannot effectively improve the effect of asymmetrical vortex on the lateral aerodynamic characteristic of the model in zero sideshift [14] on the other hand, in a PIV experiment system, The flow structures and aerodynamic performance of a thin delta wing with a sweep angle of 65 degrees are equipped with needle vortex generators was studied and findings were compared with smooth wing [15] study showed that the acicular wing delays eddy distortion compared to a straight wing. In a wind tunnel experiment, the effect of the thickness-chord (t/C) ratio on the aerodynamics of a non-thin delta wing with a sweep angle of 45 degrees was characterized and results indicated that the effect of ratio on flow structure was quite substantial [16].

In this study, the flow field pattern of non-slender lambda wing was investigated with numerical methods. For the numerical part, Reynolds Average Navier Stokes (RANS) theorem equations with Spalart-Allmaras turbulence model were solved for incompressible flow around the wing surface and,

are checked with experimental observation [17-21] to validate numerical precision of computational fluid dynamic methods.

2. Numerical approach

Lambda wing UCAV configurations is given in Figure 1. The model has similarity with the X-45C and X-47A UCAV configuration and B-2-type wing platform. The model has a chord length of $c=210$ mm and sweeps angle of $\Lambda = 51^\circ$, the thickness of 6 mm and leading edges were beveled as 58° at the windward side and total lower surface area of 251.78 cm².

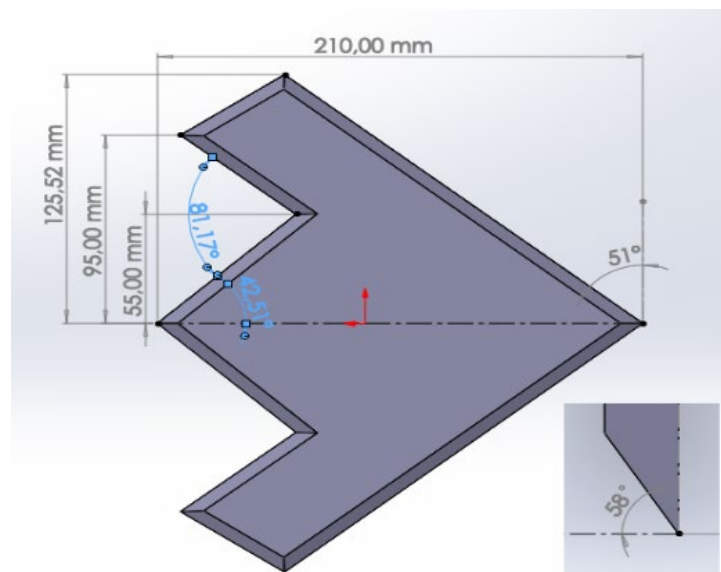


Figure 1. Lambda wing UCAV configurations

The stream solver PARDISO (built into COMSOL) was selected for its performance, robustness, memory efficiency, and easy-to-use software for solving shared memory and distributed-on large systems of sparse symmetric and non-symmetric linear equations. memory multiprocessors. [22]. Spalart-Allmaras turbulence models were used for numerical calculations. This model is also called a low Reynolds number model and does not use wall functions. The model gives satisfying results for many engineering problems, especially airfoil and turbine blade applications where it is calibrated [23]. In this calculation standard version of the Spalart-Allmaras model without the trip term was chosen [23, 24] and the model equation was solved for the undamped turbulent kinematic viscosity- $\tilde{\nu}$ as calculated by Sutherland's (1893) law (1) [25-28].

$$\frac{\partial \tilde{\nu}}{\partial t} = c_{b1}(1 - f_{t2})\tilde{S}\tilde{\nu} + \frac{1}{\sigma}[\nabla \cdot ((\nu + \tilde{\nu})\nabla \tilde{\nu}) + c_{b2}(\nabla \tilde{\nu})^2] - (c_{w1}f_w - \frac{c_{b1}}{\kappa^2}f_{t2})\left(\frac{\tilde{\nu}}{d}\right)^2 + f_{t1}\cdot \Delta U^2 \quad (1)$$

The following four terms correspond to production (2), diffusion (3), dissipation (4), and transition (5), respectively.

$$\tilde{S} = S + \frac{\tilde{\nu}}{\kappa^2 d^2} \left[1 - (\tilde{\nu}/\nu) \left[1 + \frac{(\tilde{\nu}/\nu)^4}{[(\tilde{\nu}/\nu)^3 + c^3 \nu_1]} \right]^{-1} \right] \quad (2)$$

$$f_w = \frac{\bar{v}}{\bar{s}k^2d^2} \left[1 + C_{w2} \left(\left(\frac{\bar{v}}{\bar{s}k^2d^2} \right)^5 - 1 \right) \right] (1 + C_{w3}^6)^{1/6} \left\{ \left[1 + C_{w2} \left(\left(\frac{\bar{v}}{\bar{s}k^2d^2} \right)^5 - 1 \right) \right]^6 + C_{w3}^6 \right\}^{-1/6} \quad (3)$$

$$f_{t1} = C_{t1} g_t \exp \left[-C_{t2} \frac{w_t^2}{\Delta U^2} (d^2 + g_t^2 d_t^2) \right] \quad (4)$$

$$f_{t2} = C_{t3} \exp[-C_{t4} (\bar{v} / v)^2] \quad (5)$$

The default values for the Spalart-Allmaras modeling parameters are as follows:

$C_{b2} = 0.622$, $\kappa = 0.4187$, $\sigma = 2/3$, $C_{b1} = 0.1355$, $C_{w1} = 3.239$, $C_{w2} = 0.3$, $C_{w3} = 2.0$, $C_{v1} = 7.1$, $C_{t1} = 1$, $C_{t2} = 2$, $C_{t3} = 1.2$ and $C_{t4} = 0.5$. For the equations, gravity was included and a no-slip condition was applied on the wing surface. To remove the domain size effect, the simulation area was extended at least 8 times the chord length of the model. The front and backside of the model were extended 12 aerodynamic chord distance, and 8 mean aerodynamic chords up and under the surface of the lambda wing. This configuration is consistent with other numerical studies [7]. The input surface was set to velocity input and the outlet side was set an open surface with zero atmospheric pressure. For the delta wing surface, triangular mesh configuration was selected and minimum mesh size was set to 0.0001 m, and 0.0005 m for maximum. Then for the 3D computational domain, tetrahedral mesh type was preferred with a maximum growth rate of 1.25. The flow field was calculated around 5.9 million cells. Mesh distribution is given in Figure 2. Not half but the full model was simulated under wind speed of 5.2 cm/s at the Reynolds numbers around 10,000. In this study, the mesh distribution was decided by making a comparison in terms of correlation with the experimental and numerical data done before, and compared studies were specified in the references. Since different data were obtained in different mesh applications, this mesh distribution correlates the experimental and numerical image was chosen. In the lower mesh distribution, the results deviate from the experimental comparisons, and in the very high mesh distribution, insolvency occurs.

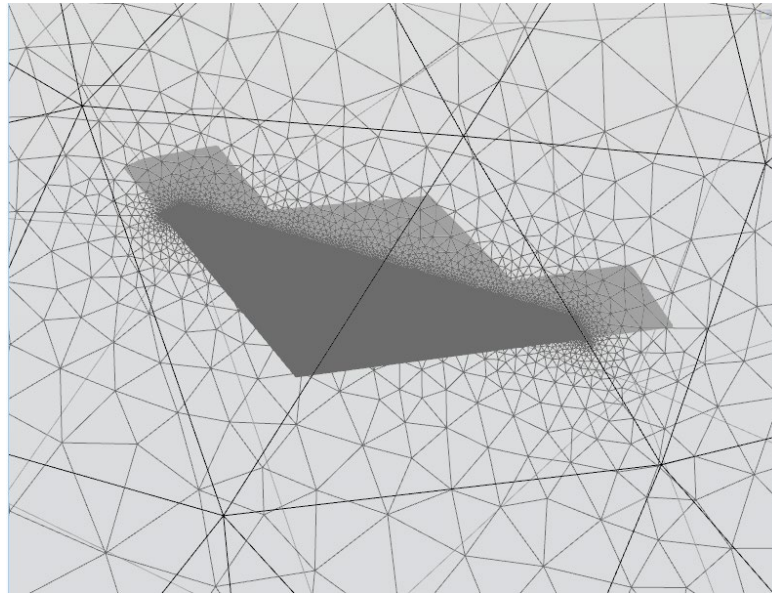


Figure 2. Mesh distribution around the lambda wing

3. Results and Discussion

A series of lower surface flow field patterns and plan view contour vorticity magnitude on the delta wing surface were investigated numerically at varying angles of incidence and are shown in Fig. 3 and Fig.4. At $\alpha = 5^\circ$, the flow is conventional and no turbulence effect is visible in the image. The

vorticity contour image for the same angle confirms that there is no formation of the vortex circulation. This phenomenon is also confirmed with the previously made study [7,29,30]. As the increasing angle of attack to $\alpha = 10^\circ$ (Fig. 3 and Fig.4) most of the flow regimes keep approximately the same pattern with increasing size but a small size LEV is started along the leading edge of the lambda wing. In the streamline velocity image, LEV is developed and circulating along the motion axis. Furthermore, in the vorticity image of the plan view there are two different vortex regions are beginning to appear and the vortices are seen to be rather weak and there are no strong cycles. From these vortex fields, the inner represents primary and the outer vortex represents the minor vortex which is nearer to the leading edge. At $\alpha = 15^\circ$ primary vortex is quite pronounced and circulation is more frequent at the front but less at the back. On the other hand, the secondary vortex is significantly weaker tends to disappear and suggesting breakdown. When $\alpha = 20^\circ$ is reached, the location of the vortex breakdown is approximately halfway along the leading edge and the vortex breakdown location has shifted forward remarkably at the angle of 25° . At $\alpha=25^\circ$, secondary LEV has already disappeared and as shown in the image of vorticity (Fig. 4 $\alpha=25^\circ$), there is another vortex region, already formed on the backside of primary vortices. This vortex is called a tertiary vortex and is recorded by Gordnier & Visbal [31] at $Re=26\ 000$ at $\alpha=15^\circ$ for a simple delta wing. This type of vortex indicates that the irregularity in the system has increased and the vortex breakdown location is approaching the apex. By the time $\alpha=30^\circ$, the place of vortex breakdown already reached the apex and bursting vortex slowly changed to a largely stalled lower surface but there is a continuity in the flow indicating that conditions are still creating lift over the lambda wing as given in Fig. 3. Additionally, it is observed that the severity of the tertiary vortex region has increased, and it is completely spread on both sides of the wing in the posterior section as it is shown in the vorticity contour image in Fig.4 ($\alpha=30^\circ$). At $\alpha=35^\circ$ and above, the symmetrical flow pattern on both sides of the wing is distorted and although the same parameters are defined for both sides, the flow on one side appears to be different on the other side. It is also seen that the LEV axis is curved and divided into two independent vortex regions and a new and powerful new vortex area is formed at the back apex as indicated in Fig.4 ($\alpha=35^\circ$). At $\alpha=35^\circ$, LEV axis is completely disappearing and multiple vortex regions appear on the surface this indicates passage of complete stall phase.

Formation and development of a vortex structure in end-view vector and color range velocity field are presented in Fig. 5 where the image was plotted at $x/C= 0.2$, $x/C= 0.4$, $x/C= 0.8$. At the small angles of at $\alpha=5^\circ$, the color range velocity field indicates there is no significant difference in the velocity distribution of the flow but the vector field shows the rotation of the small-scale flow field at the leading edge. Blue color indicates low speed and higher pressure on the lower surface and reddish color indicates higher speed and creates a lower pressure on the upper surface thus this pressure difference creates a positive lift in the upward direction. As the angle of attack changed to $\alpha=10^\circ$, small scale LEV development and starts of swirling is evident in every three sections of the image. At the angle of 15° , the size of the vortex and rotation increased compared to the previous image. By the time $\alpha=20^\circ$ is reached, rotation is quite pronounced in the rear section of the image but in the front and middle section size of vortices is low. As it is presented in Fig 3-5 vortex breakdown happened around in the middle part of the lambda wing. Low size vortices in the front and middle section implied vortex breakdown haven't reached these two sections but already passed rear section at the angle of attack 20° . At $\alpha=25^\circ$, the size of vortices in the middle section increased and almost with the same size as the rear part but in the front, the size of the vortex is weak. As we indicated in the previous Fig. 3-5, location of vortex breakdown has already passed the middle section but the color range difference (velocity difference) on the upper and lower surface indicates lambda wing creating lift near the front of the model. When $\alpha=30^\circ$ is reached, the size of the vortex in the front section catches the size of the other two back section, and the location of the vortex breakdown reached the apex. On the other hand, as is indicated in the previous image in Fig. 3-5, the bursting vortex slowly gives away to the partially stalled phase but the continuity in the flow is partially maintained and this situation creates lift on the UCAV model. Finally, at $\alpha=40^\circ$ and above, rotating vortices on both sides of the surface start to merge and indicate a complete passage of the stall phase.

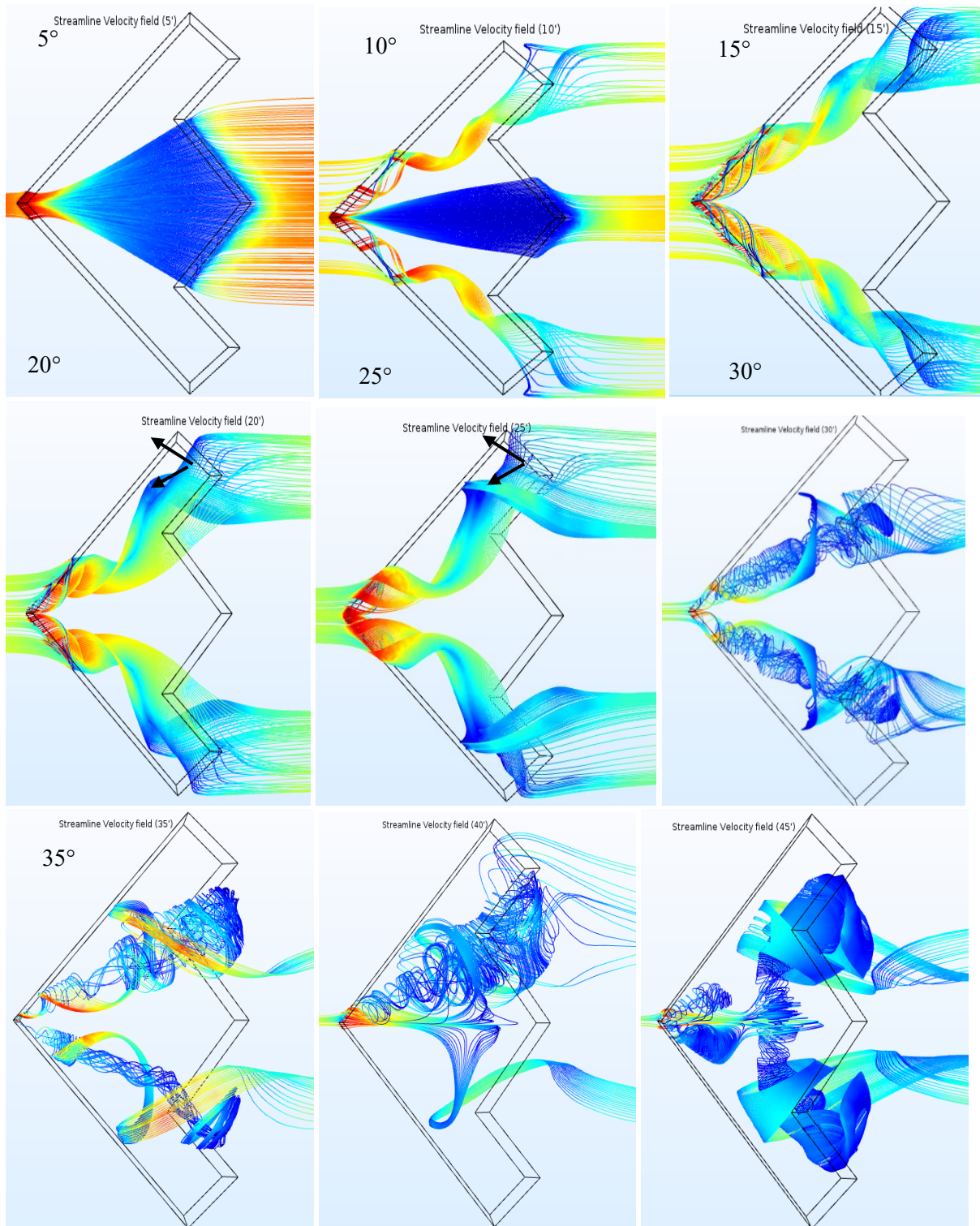


Figure 3. Streamline velocity field on the surface: Formation of the leading-edge vortex, vortex breakdown, and flow separation.

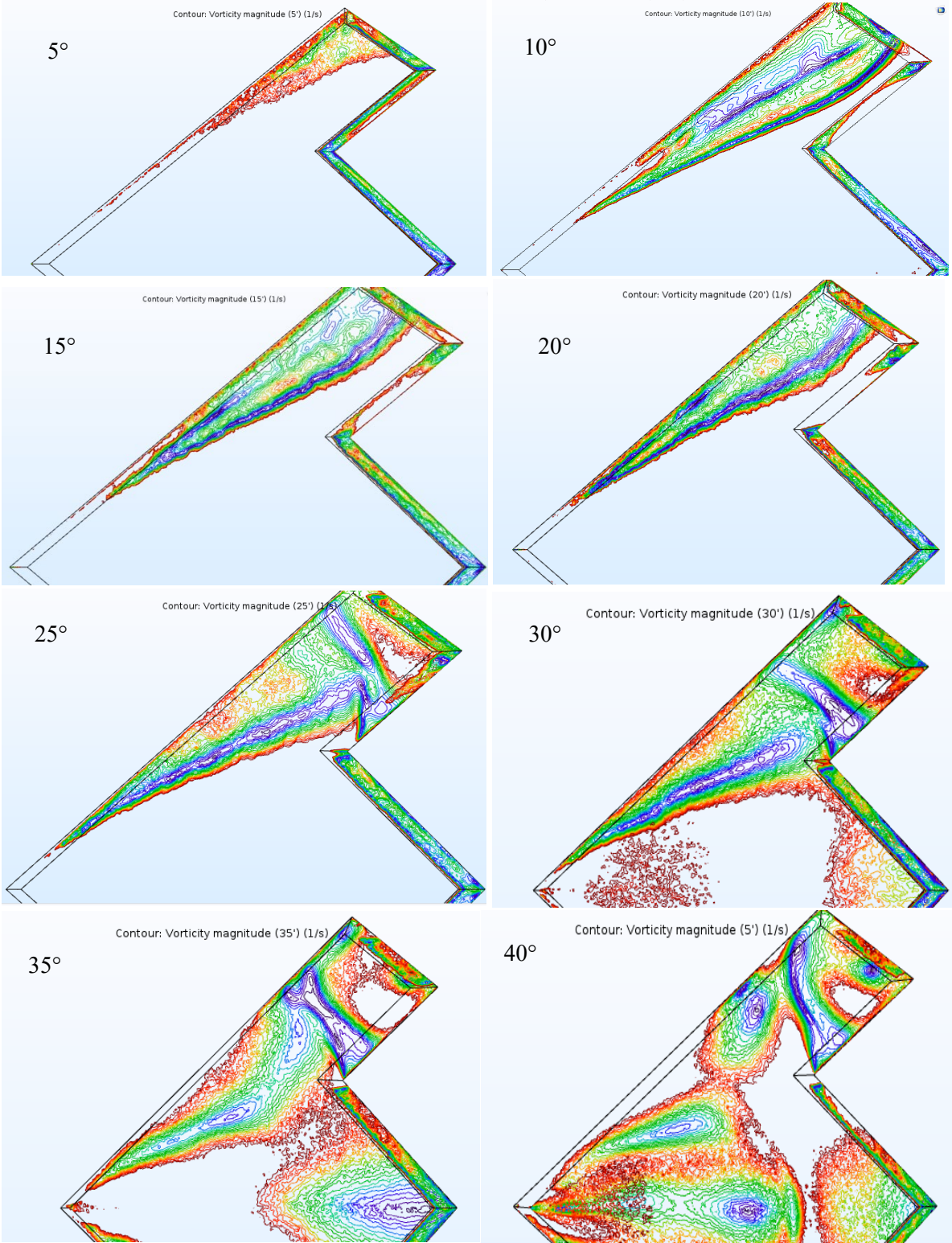


Figure 4. Plain view contour vorticity magnitude on the delta wing surface (1/s)

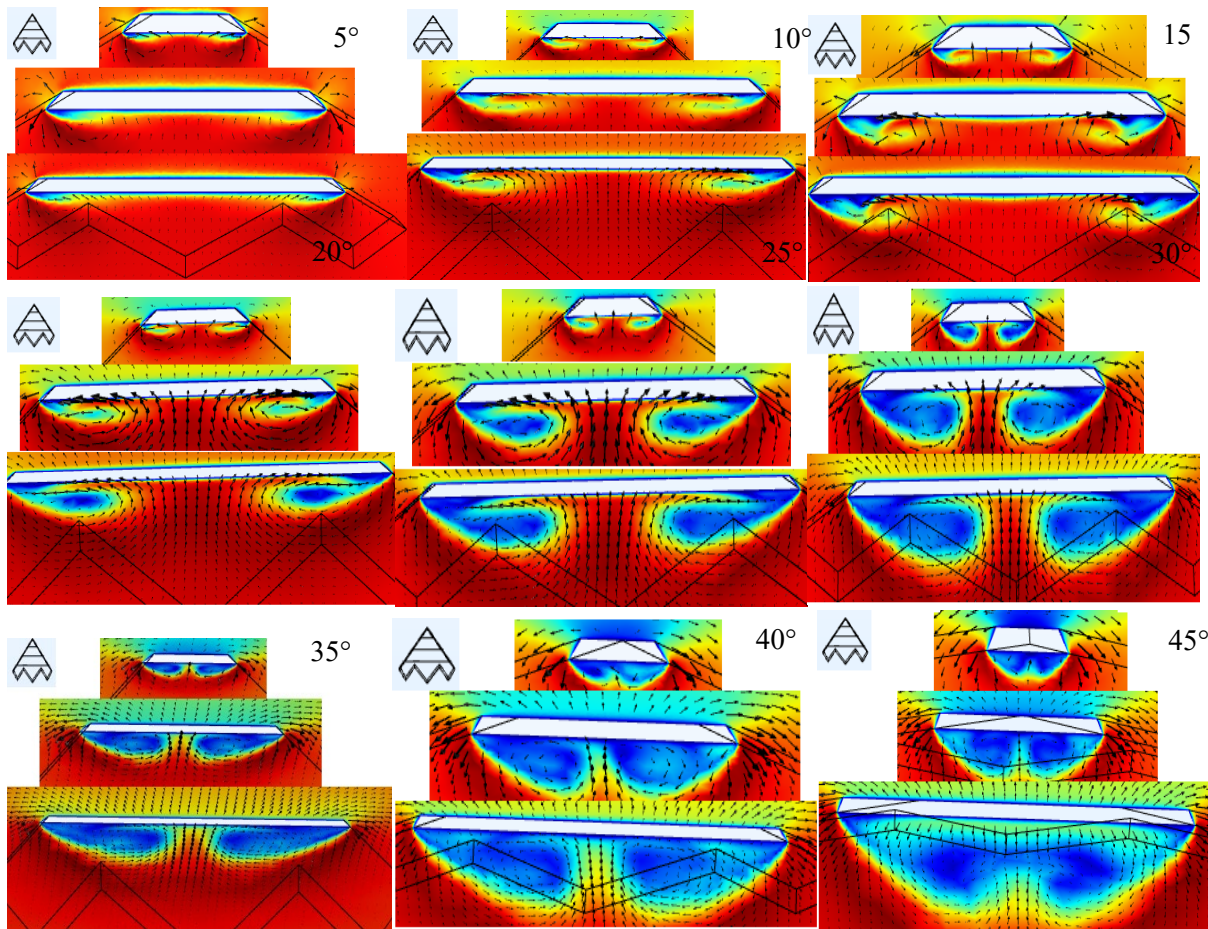


Figure 5. End view vector and velocity field: In the figure upper to lower where $x/C=0.2$, $x/C=0.4$, $x/C=0.8$, when the angle of attack changes from 5° to 45° .

4. Conclusion

A computational study was conducted for unmanned combat aerial vehicles (UCAV) with lambda wing configuration. For the numerical study, Reynolds Average Navier Stokes (RANS) theorem equations with Spalart-Allmaras turbulence model were solved for incompressible flow around the wing surface and, are compared with other study to correlate simulation precision of computational fluid dynamic approaches. The model has a chord length of $c=210$ mm with a non-slender sweep angle of $\Lambda=51^\circ$ with a thickness of 6 mm and leading edges were beveled as 58° at the windward side. At the lower angle of attack at $\alpha=5^\circ$, flow is conventional and no rotation was observed in numerical calculation. As the increasing angle of attack, vortex breakdown happened and the place of vortex breakdown shifted forward up to the apex. By the time $\alpha=30^\circ$ is reached, vortex breakdown reached the apex and bursting vortices gives a way to stalled phase. This outcome is compatible with a previous study that used a similar lambda configuration [7].

In addition, these results were also compared with the data of another numerical method and although different simulation techniques were used, similar data are obtained. CFD has completed its evolution and has become a valuable tool for design and analysis in an aerodynamic application, and has participated in water channel, wind tunnel and flight testing as a critical tool for initial testing.

Acknowledgment

The authors wish to thank Middle East Technical University for providing technical support

Conflict Of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest

References

- [1] Sepulveda, E., and H. Smith. "Technology challenges of stealth unmanned combat aerial vehicles." *The Aeronautical Journal* 121.1243 (2017): 1261-1295.
- [2] NASA. Boeing's Phantom Ray Makes First Flight. 2011. Available at: <http://www.nasa.gov> (Accessed: 11 March 2018)
- [3] LARRINAGA N DE., IHS L., WEEKLY D. Neuron completes Italian flight trials. *IHS Jane's Defence Weekly*. London; August 2015; Available at: <http://www.janes.com> (Accessed: 11 March 2018).
- [4] BEALE J. Top secret UK drone Taranis makes first flight. *BBC News*. February 2014; Available at: <http://www.bbc.co.uk> (Accessed: 11 March 2018).
- [5] PUBBY M. Government set to clear Rs 3,000 core plan to develop engine for India's first UCAV. *The Economic Times*. 2015. Available at: <http://economictimes.indiatimes.com> (Accessed: 11 March 2018).
- [6] HSU B. China's 'Sharp Sword' UCAV is Spotted Taxiing. *AIN online*. May 2013; Available at: <http://www.ainonline.com> (Accessed: 11 March 2018).
- [7] Cummings, Russell M., Scott A. Morton, and Stefan G. Siegel. "Numerical prediction and wind tunnel experiment for a pitching unmanned combat air vehicle." *Aerospace Science and Technology* 12.5 (2008): 355-364.
- [8] Manshadi, M. D., Eilbeigi, M., Sobhani, M. K., Zadeh, M. B., & Vaziry, M. A. (2016). Experimental study of flow field distribution over a generic cranked double delta wing. *Chinese Journal of Aeronautics*, 29(5), 1196-1204.
- [9] Yaniktepe, B., and D. Rockwell. "Flow structure on diamond and lambda planforms: Trailing-edge region." *AIAA journal* 43.7 (2005): 1490-1500.
- [10] Sahin, B., Tasci, M. O., Karasu, I., & Akilli, H. (2017). Flow structures in end-view plane of slender delta wing. In *EPJ Web of Conferences* (Vol. 143, p. 02099). EDP Sciences.
- [11] Huber, K., Schutte, A., & Rein, M. (2012). Numerical investigation of the aerodynamic properties of a flying wing configuration. In *30th AIAA Applied Aerodynamics Conference* (p. 3325).
- [12] Ghoreyshi, M., Young, M. E., Lofthouse, A. J., Jirásek, A., & Cummings, R. M. (2016). Numerical Simulation and Reduced-Order Aerodynamic Modeling of a Lambda Wing Configuration. *Journal of Aircraft*, 55(2), 549-570.
- [13] Cummings, R. M., & Schütte, A. (2013). Detached-Eddy Simulation of the vortical flow field about the VFE-2 delta wing. *Aerospace Science and Technology*, 24(1), 66-76.
- [14] Xu, X., & Zhou, Z. (2016). Analytical study on the synthetic jet control of asymmetric flow field of flying wing unmanned aerial vehicle. *Aerospace Science and Technology*, 56, 90-99.
- [15] Nematollahi, O., Nili-Ahmadabadi, M., Seo, H., & Kim, K. C. (2019). Effect of acicular vortex generators on the aerodynamic features of a slender delta wing. *Aerospace Science and Technology*.
- [16] Ghazijahani, M. S., & Yavuz, M. M. (2019). Effect of thickness-to-chord ratio on aerodynamics of non-slender delta wing. *Aerospace Science and Technology*.
- [17] Yaniktepe, B., Coşkun Ozalp, and Çetin Canpolat. "Aerodynamics and Flow Characteristics of X-45 Delta Wing Planform." *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences* 19.1 (2016): 1-10.

- [18] Arroyo M.P., Greated C.A. (1991). "Stereoscopic Particle Image Velocimetry" *Measurement Science & Technology*, Vol.2, No.12, pp.1181-1186.
- [19] Westerweel J. (1993). "Digital Particle Image Velocimetry, Theory and Application", Delft University Press,.
- [20] Adrian R. J. (2005). "Twenty Years of Particle Image Velocimetry", *Experimental Fluids*, Vol.39, pp.159-166.
- [21] Raffel M., Willert, C.E., Wereley, S.T., Kompenhans, J. (2007). "Particle Image Velocimetry: A Practical Guide" 2nd ed., Springer.
- [22] Pardiso, "Parallel Sparse Direct And Multi - Recursive Iterative Linear Solvers", User Guide Version 6.0, <https://pardiso-project.org> [accessed 20 February 2019].
- [23] D.C. Wilcox, *Turbulence Modeling for CFD*, 2nd ed., DCW Industries, 1998.
- [24] "The Spalart-Allmaras Turbulence Model," <http://turbmodels.larc.nasa.gov/spalart.html>. (Accessed: 11 March 2018).
- [25] Douvi, C., Eleni T.I., Athanasios, P., Margaris P., "Evaluation of the turbulence models for the simulation of the flow over a National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) 0012 airfoil," *Journal of Mechanical Engineering Research* Vol. 4(3), 2012, pp. 100-111.
- [26] COMSOL CFD Module user guide, <http://www.comsol.com>, 2017
- [27] Sogukpinar, H. Low speed Numerical Aerodynamic Analysis of New Designed 3D transport Aircraft. *International Journal of Engineering Technologies*, 4(4), 153-160.
- [28] Sogukpinar, H. (2019). Numerical Investigation of Influence of Diverse Winglet Configuration on Induced Drag. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Mechanical Engineering*, 1-13.
- [29] Yayla, S., Canpolat, C., Sahin, B., & Akilli, H. (2013). The effect of angle of attack on the flow structure over the nonslender lambda wing. *Aerospace Science and Technology*, 28(1), 417-430.
- [30] Canpolat, C., Yayla, S., Sahin, B., & Akilli, H. (2009). Dye visualization of the flow structure over a yawed nonslender delta wing. *Journal of Aircraft*, 46(5), 1818-1822.
- [31] Gordnier, R. E., & Visbal, M. R. (2005). Compact Difference Scheme Applied to Simulation of Low-Sweep Delta Wing Flow. *AIAA journal*, 43(8), 1744-1752.

LAVANTA KOKUSU İÇEREN MİKROKAPSÜLLERİN PAMUKLU DOKUMA KUMAŞLARA AKTARILMASI VE KUMAŞLARDAKİ KOKU KALICILIĞININ İNCELENMESİ

Hatice ÇOŞKUN^{1,2}, Ayşe Ebru TAYYAR³

¹Uşak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Türkiye

²Ağaoğlu Tekstil Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Ar-Ge Merkezi, Türkiye

³Uşak Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 09.03.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 16.10.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1085082

ÖZET

Bu çalışmada, lavanta kokusu içeren mikrokapsüllerin farklı yöntemler kullanılarak tekstil yüzeylerine aktarılması amaçlanmış olup, yöntem farklılığının tekrarlı yıkama yapılmış kumaşlardaki koku kalıcılığına etkisi araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda ticari olarak satın alınan lavanta kokulu mikrokapsüller kullanılmıştır. Mikrokapsüller, iki farklı yöntem olan emdirme ve rotasyon baskı metotları kullanılarak %100 pamuklu dokuma kumaşlara aktarılmıştır. Üretilen kokulu kumaşların, ilgili standartlar doğrultusunda 5, 10, 15 ve 20 tekrarlı yıkamaları gerçekleştirilmiştir. Yıkama sonucunda kumaşların SEM (taramalı elektron mikroskobu) ile morfolojileri ve FTIR-ATR (fourier dönüşümü kızılötesi zayıflatılmış toplam yansıma) ile de kimyasal yapıları analiz edilmiştir. Ayrıca, kumaşların koku kalıcılıkları subjektif olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu değerlendirmeler, denek gruplarına anket metodu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 20 yıkama sonunda baskı yöntemiyle üretilen kumaşların, emdirme yöntemi ile elde edilenlere göre daha güçlü kokulara sahip oldukları tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Fonksiyonel tekstiller, aromatik tekstiller, mikrokapsülasyon teknolojisi, lavanta mikrokapsül, yıkama dayanımı, koku kalıcılığı.*

LAVENDER MICROCAPSULE APPLICATION ON COTTON WOVEN FABRICS AND THE INVESTIGATION OF FRAGRANCE PERMANENCE ON FABRICS

ABSTRACT

In this study, the application of microcapsules with lavender fragrance to textile surfaces via using different methods is aimed, and the method difference's effect on the fragrance permanence of the fabrics with repetitive washing, were investigated. For this purpose, commercially purchased lavender fragrant microcapsules were used. Microcapsules were applied to 100% cotton woven fabrics using padding and rotation printing methods. The as-produced scented fabrics were washed 5, 10, 15 and 20 cycles according to the relevant standards. After washing, fabrics' morphologies and their chemical structures were analyzed with SEM (Scanning Electron Microscope), and FTIR-ATR (Fourier transform infrared attenuated total reflection), respectively. In addition, the odor permanence of the fabrics was evaluated subjectively. Such evaluations were made via applying the questionnaire method to the arbitrators. As a result, it was determined that the fabrics produced via printing method after 20 washings had stronger odors than the ones produced via padding method.

Keywords: *Functional textiles, aromatic textiles, microencapsulation technology, lavender microcapsules, washing durability, fragrance permanence.*

^{1,2}e-posta: 1843073011@ogr.usak.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8240-7709> (Sorumlu Yazar)
tchaticecakir@gmail.com

³e-posta: ayseebru.tayyar@usak.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9679-9926>

1. Giriş

Tekstil yüzeyleri yaşamın her alanında ihtiyaç duyulan materyaller olup, insan cildiyle uzun süre temas halinde bulunurlar. Dolayısıyla bireyler, tekstil yüzeylerinin kendilerini iyi hissettiren, fiziksel aktivitelerini kısıtlamayan, hayatlarını kolaylaştıran ve güvenli, konforlu, sağlıklı vb. özelliklere sahip olmalarını talep ederler. Bireylerin bu taleplerine karşılık verebilmek adına yapılan çalışmalar sonucunda “fonksiyonel tekstil” kavramı ortaya çıkmıştır. Fonksiyonel tekstiller; çeşitli maddelerin işlevselliğinden yararlanılarak elde edilen ve tekstil mamullerine farklı bakış açıları getirip, farklı işlevler kazandırılmış ürünler olarak tanımlanır [1]. Tekstil yüzeylerine fonksiyonel özelliklerin kazandırılmasını ve istenilen etkinliğin uzun süreli olarak devam etmesini sağlayan yöntemler arasında en çok öne çıkan mikrokapsül teknolojisidir.

Mikrokapsül, katı bir partikülün, sıvı damlasının veya gaz kabarcığının etrafında bir film tabakası oluşturacak maddeyle kaplanarak muntazam bir duvar ile çevrilmiş olan mikro yapıdır [2, 3]. Mikrokapsüller, boyut olarak 1-100 µm arasında değişebilen [4], morfolojik karakteristikleri küresel veya düzensiz bir şekilde oluşabilen ve tek/çok çekirdekli veya matris yapılaraya sahip formdadırlar [5]. Mikrokapsüllerde, kaplanan maddeye öz, kaplama için kullanılan maddeye ise duvar adı verilir [6]. Mikrokapsüller dış etkenlere (basınç, sıcaklık, sürtünme ve mekanik kuvvet vb.) maruz bırakıldığında, duvar madde patlar veya bir çözücü etkisi ile çözünür. Bu aşamalar gerçekleştiğinde ise duvar madde içerisine hapsedilmiş olan öz madde serbest kalır. Dış etkenler nedeniyle kırılan veya bir çözücüde çözünen duvar maddenin deformasyonu yavaş bir şekilde gerçekleştiği için, sağlanan etki uzun süreli olur [7, 8]. Tekstil endüstrisinde; güç tutuşur malzemeler, faz değiştirebilen materyaller, antimikrobiyal ajanlar, farklı etkilerle renk değiştirebilen boyalar, cilt bakımında kullanılan etken maddeler ve güzel kokular kapsüllenebilmektedir [9]. Bunların tekstil yüzeylerine aplikasyonu sağlanarak güç tutuşur özellikte, ısı depolayabilen ve hijyenik özellikli kozmetik ve aromatik tekstiller üretilmektedir.

Günümüzde aromatik tekstiller popülerlik kazanmıştır. Çünkü aromatik tekstiller, insanın doğasında var olan “güzel kokmak” algısını ve aromaterapinin temel faydası olan “iyi hissetme” duygusunu sunabilen yüzeylerdir. Bu tekstillerin üretiminde kullanılan kokular, uçucu bileşenlere sahip olduklarından [9] dolayı kolaylıkla buharlaşarak havaya karışırlar ki bu nedenle kokular, tekstil yüzeylerine direkt olarak applike edildiklerinde koku kalıcılığı sağlanamamaktadır. Aromatik tekstil yüzeylerinde koku kalıcılığının sağlanabilmesi için koku maddeleri kapsüllenmektedir. Elde edilen koku içerikli mikrokapsüllerin tekstillere aplikasyonu genellikle bitim işlemleri esnasında gerçekleşir. Aromatik tekstillerin yıkamalara karşı dayanımları hakkında literatürdeki yapılan çalışmalar incelendiğinde en fazla 50 tekrarlı yıkamaların yapıldığı ve bu yıkamaların sonucundaki koku yoğunluğunun subjektif olarak “zayıf” şeklinde değerlendirildiği sonucuna ulaşılmıştır [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Bu çalışmada, ticari olarak satın alınan lavanta kokusuna sahip mikrokapsüller rotasyon baskı ve emdirme yöntemleri kullanılarak %100 pamuklu dokuma kumaşlara aktarılmıştır. Bu kumaşların 5, 10, 15 ve 20 kez yıkanmaları sonucunda, yüzeylerdeki koku kalıcılığı subjektif olarak denek gruplarına anket metodu uygulanarak değerlendirilmiştir. Böylece iki farklı aplikasyon yönteminin, tekrarlı yıkama yapılan kumaşlardaki koku kalıcılığına etkisi araştırılmıştır. Literatür incelendiğinde, kokulu mikrokapsüllerin rotasyon baskı yöntemi kullanılarak %100 pamuklu dokuma kumaşlara aktarılması ve bu kumaşların tekrarlı yıkamalar sonucunda üzerinde kalan koku yoğunluğunun değerlendirilmesi ve/veya rotasyon baskı yöntemi ile emdirme yönteminin bu amaç doğrultusunda

kıyaslanması konusundaki çalışmalara rastlanmamıştır. Bu da mevcut çalışmanın özgün yönünü ortaya koymaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında, Ne 30/1 incelikteki ipliklerle bezayağı dokunmuş, ön terbiyesi (haşıl sökme ve kasar işlemleri görmüş) tamamlanmış 271 g/m² ağırlığındaki %100 pamuklu dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Ticari olarak satın alınan lavanta kokulu sıvı formdaki mikrokapsüller, Sardes Tekstil ve Kimya Sanayi Dış Tic. Ltd. Şti. firmasından tedarik edilmiştir. Bu mikrokapsüllerin tekstil yüzeylerine applike olması amacıyla formaldehidsiz çapraz bağlayıcı (FX 531) ve yumuşak tuşenin sağlanması için noniyonik yumuşatıcı (PERRUSTOL® VNO 500) Rudolf Duraner GmbH firmasından temin edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan materyallerin teknik bilgileri Çizelge 1’de verilmiştir.

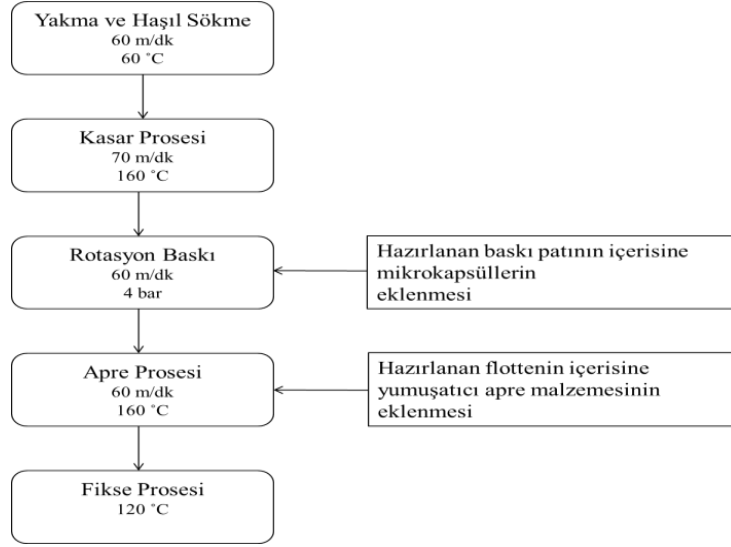
Çizelge 1. Materyallerin teknik bilgileri

Ticari Adı	MICROCAPSULE LAVANDER	FX 531	PERRUSTOL® VNO 500
Kullanım Alanı	Lavanta Kokulu Mikrokapsül	Çapraz Bağlayıcı	Yumuşatma Apresi
İyonik Yapısı	Katyonik	Noniyonik	Noniyonik
Kimyasal/Fiziksel Yapısı	Polimer esaslı mikrokapsül dispersiyonu /ortalama çapları 1-6 µm	Dihidroksietilen üre ve katalizör kombinasyonu/sıvı	Yağ asidi kondenzasyon ürünü/sıvı

2.2. Metot

2.2.1. Baskı Tekniği

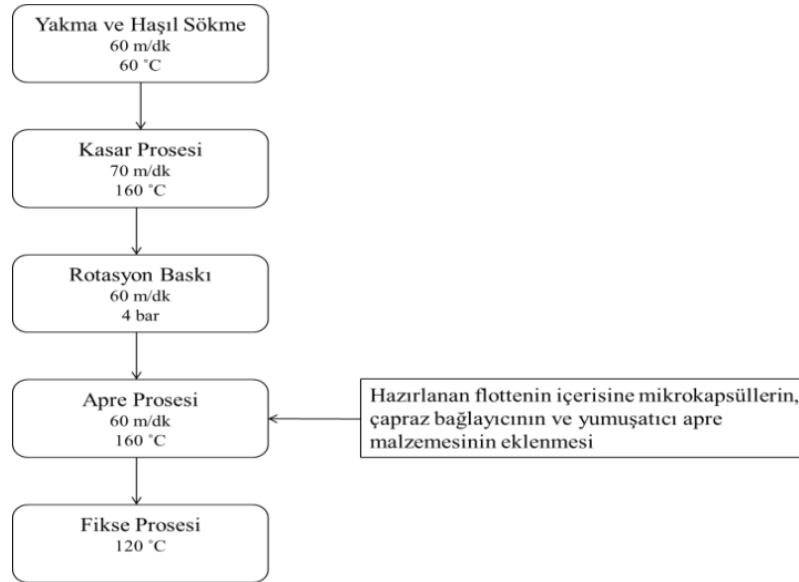
Baskı tekniğinde kullanılan ve boyasız pigmentten oluşan baskı patına, 100 g/kg miktarında [16] lavanta kokulu mikrokapsüller ilave edilerek rotasyon baskı reçetesi hazırlanmıştır. %100 pamuklu dokuma kumaşların her biriminde homojen olarak mikrokapsüllerin yerleşimini sağlamak amacıyla lak baskı (ful (bütün) yüzey) tercih edilmiştir. Dolayısıyla, Johannes Zimmer marka işletme tipi bir rotasyon baskı makinesine 125 meshe sahip lak baskı yapacak şablon yerleştirilmiştir. Baskı prosesinin ardından mikrokapsül applike edilmiş tekstil yüzeylerine %1’lik noniyonik yumuşatıcı ilave edilerek bitim işlemi uygulanmıştır. Mikrokapsül aplikasyonunun işlem aşamaları Şekil 1’de açıklanmıştır. Bu işlemin ardından 120 °C’de 20 dk süresince tekstil yüzeylerinin fikse prosesi tamamlanmıştır.



Şekil 1. Baskı tekniğiyle mikrokapsül aplikasyonu

2.2.2. Emdirme Tekniği

Uygulamada, Monforts Montex marka işletme tipi ramöz makinesinde, hazırlanan flote içerisine 120 g/l [16] miktarında lavanta kokulu mikrokapsüller, çapraz bağlayıcı ve 10 g/l yumuşatıcı apre malzemesi (PERRUSTOL® VNO 500) ilave edilmiştir. Ön terbiyesi tamamlanmış %100 pamuklu dokuma kumaşlara kokulu mikrokapsüller emdirme tekniği ile applike edilmiştir. Mikrokapsül aplikasyon işlem aşamaları Şekil 2’de açıklanmıştır. Bu işlemden sonra 120 °C’de 20 dk boyunca tekstil yüzeylerinin fikse prosesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Emdirme tekniğiyle mikrokapsül aplikasyonu

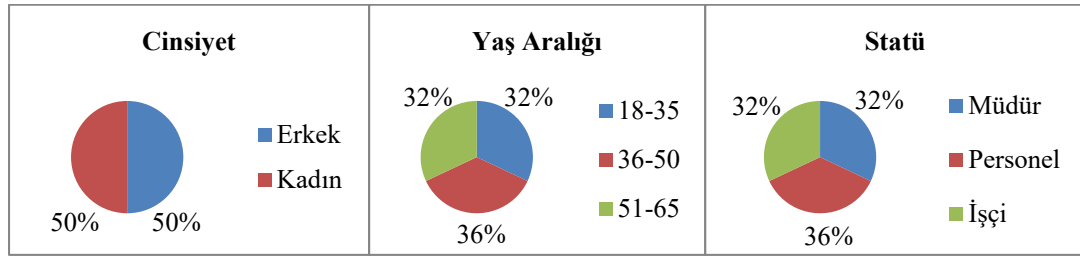
2.2.3. Yıkama İşlemi

Kumaş numunelerine EN ISO 6330-2012 standardına göre 40 °C’de 30 dk boyunca Altus marka ev tipi yıkama makinesinde 5, 10, 15 ve 20 tekrarlı yıkamalar yapılmıştır. Numunelerin

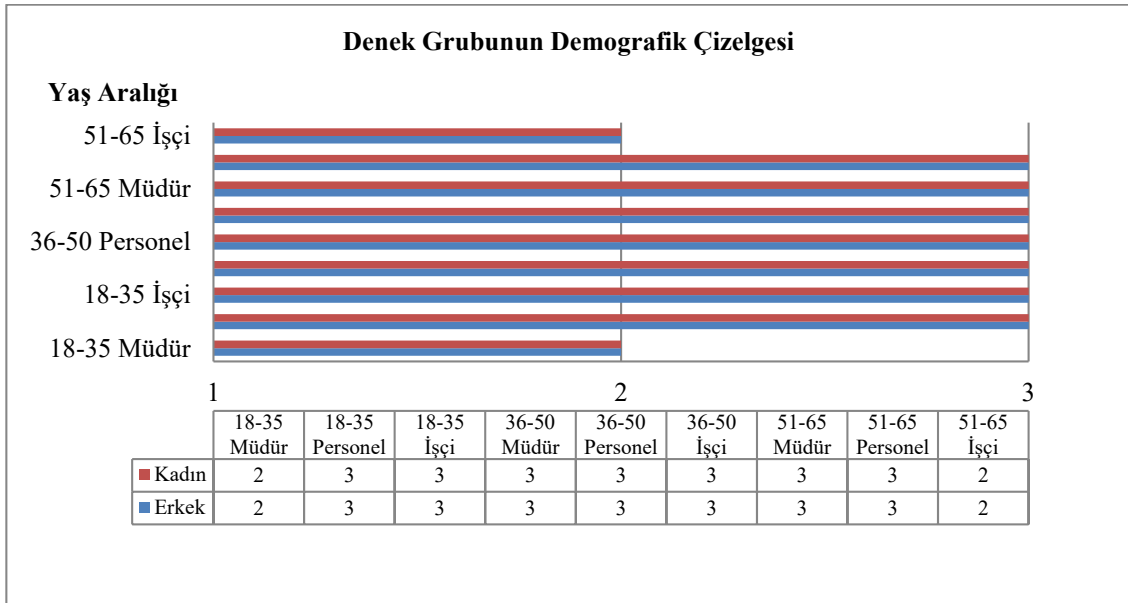
kurutma aşaması tamburlu kurutmada 40 dk süresince (1000 dev/dk) yaklaşık %60 nem miktarı bırakılarak tamamlanmıştır. Test edilecek kumaşlar standart atmosfer koşullarında (20 °C±2 sıcaklık ve %65 ±2 bağıl nem) 24 saat kondüsyonlanmıştır.

2.2.4. Anket Çalışması

Çalışmada tekrarlı yıkamalar yapılmış olan kumaşlar üzerindeki koku kalıcılığının subjektif değerlendirilmesi için anket yöntemi kullanılmıştır. Anket yöntemindeki araştırmanın ana kütesini, Ağaoğlu Tekstil San. Tic. A.Ş. firmasında çalışan 50 kişi oluşturur. Firma çalışanlarının, kumaşları puanlanmaları esnasında samimi ve doğru bilgiler vermelerini sağlamak amacıyla anket formunun üzerinde “bilgilerin yalnızca bilimsel amaçla kullanılacağı” vurgulanmıştır. Amaca yönelik olarak doğru ve geçerli bilgi elde etmek için denek grupları, birbirlerinden bağımsız şekilde farklı statüye, yaşa ve cinsiyete sahip kişilerden oluşturulmuştur. Denek grubunu oluşturan 50 kişinin demografik özellikleri ve denek grubunun ana kütesi Şekil 3’te belirtilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3. (a) Denek grubunun ana kütesi, (b) Denek grubunun demografik özellikleri

Çalışma kapsamında elde edilen lavanta kokulu aromatik tekstillerin koku algılanma oranlarının subjektif olarak değerlendirmesi amacıyla, denek grupları için aynı ortam şartları sağlanmıştır. Üretilen kumaşlardan yıkama yapılmamış ve 5, 10, 15 ve 20 yıkama yapılmış olanları refakat kâğıtlarıyla birlikte denek gruplarına dağıtılmıştır. Denek gruplarından, numune kumaşlara sürtme etkisi uygulayarak açığa çıkan koku yoğunluğunu puanlanmaları istenmiştir. Puanlamada her yeni kumaşa geçiş esnasında kişilere 5'er dk dinlenme süresi tanınmıştır. Anket içeriğinde bulunan

bilgiler doğrultusunda “1 puan: koku yok, 2 puan: koku çok az düzeyde, 3 puan: koku orta düzeyde, 4 puan: koku iyi düzeyde, 5 puan: koku çok iyi düzeyde algılanmaktadır” şeklinde sıralanmıştır.

Söz konusu anket, internet, bilimsel yayınlar ve literatürde yer alan diğer kaynaklardan faydalanılarak hazırlanmıştır [17, 18]. Denek grupları tarafından puanlanma aşaması tamamlandıktan sonra eksik bilgi olmaması amacıyla ankete verilen cevaplar kontrol edilmiştir. Anket yöntemiyle elde edilen veriler, analiz uygulamasına hazır hale getirilmiş ve IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Statistics 22.0 paket programında analiz edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Numunelerin Gramaj Değişimi Analizleri

Kumaş numunelerinin işlem görmemiş hallerinin 271 g/m² ağırlığında olduğu bilinmektedir. Baskı yönteminden sonra kumaş numunelerinin gramaj miktarındaki değişimini analiz edebilmek için kumaş numuneleri hassas terazide tartılmıştır. Baskılı kumaşların beş farklı yerinden aynı ölçülerde (1×1 m) alınan numunelerin ağırlıkları Çizelge 2’de verilmiştir. Bu değerlere göre, kumaş numunelerinde ortalama 15 g/m² ağırlığında değişim meydana geldiği tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Baskılı kumaş numunelerinin ağırlık ölçüm sonuçları

Numune No	Kumaş Ağırlığı (g)/m ²
01	285,30
02	285,67
03	287,59
04	285,92
05	286,74
Ortalama	286

Emdirme yönteminde ise kumaş ve mikrokapsüllü banyo arasındaki afinitenin analiz edilmesi amacı ile pick-up ölçümleri hesaplanmıştır ve kumaş numunelerinin ağırlık ölçümleri arasında büyük farklılıklar gözlemlenmemiştir. Dolayısıyla, kumaşların üzerinde kalacak banyo miktarı hesaplanmıştır. Bunun için proses esnasında kumaşın sıkma silindirleri çıkışından 20×20 cm boyutlarında numune alınmıştır. Alınan yaş numunenin hava ile teması kesilerek pick-up ölçümleri tamamlanmıştır. Kumaşın 20×20 cm boyutlarındaki yaş ortalama ağırlığı 20,64 g (516,15 g/m²) iken askılı kurutmada (110 °C) kurutulduktan sonra numunenin kuru ortalama ağırlığı 11,16 g (279,01 g/m²) ölçülmüştür. Dolayısıyla aşağıda gösterilen denkleme göre [19] pick-up oranı %85 olarak hesaplanmıştır.

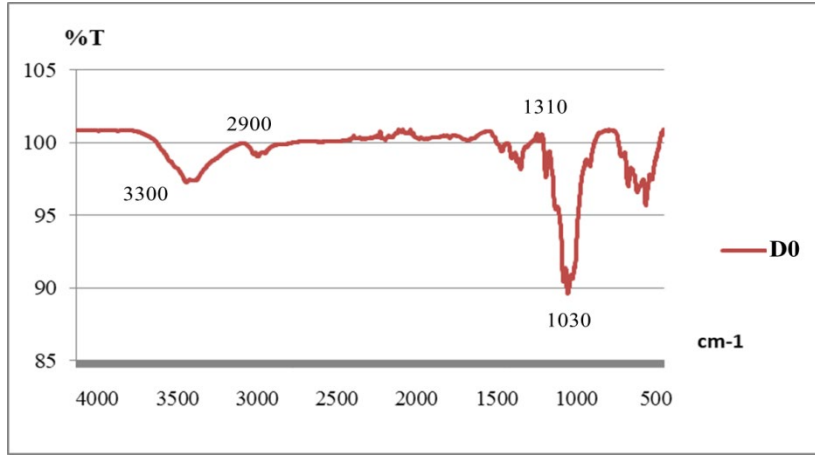
$$\%Pick-up = \frac{Yaş\ Ağırlık - Kuru\ Ağırlık}{Kuru\ Ağırlık} \times 100 \quad (1)$$

3.2. FTIR-ATR Analizi Sonuçları

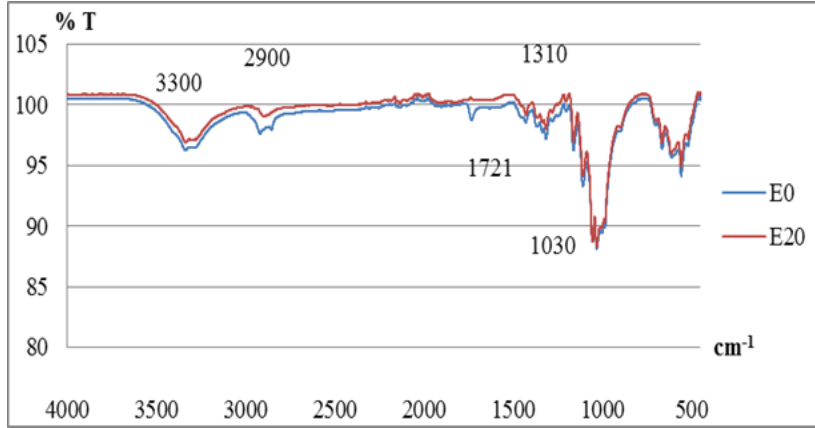
Çalışmada, elde edilen kumaşların analizi 4000-500 cm⁻¹ aralığında ATR aparatlı bir Perkin Elmer Spectrum two FT-IR spektrofotometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sırasıyla; işlem yapılmamış (D0) (Şekil 4), çalışma kapsamında emdirme yöntemi kullanılarak elde edilip (E0), 20 tekrarlı yıkama uygulanmış (E20) (Şekil 5) olanların yanı sıra, baskı yöntemi

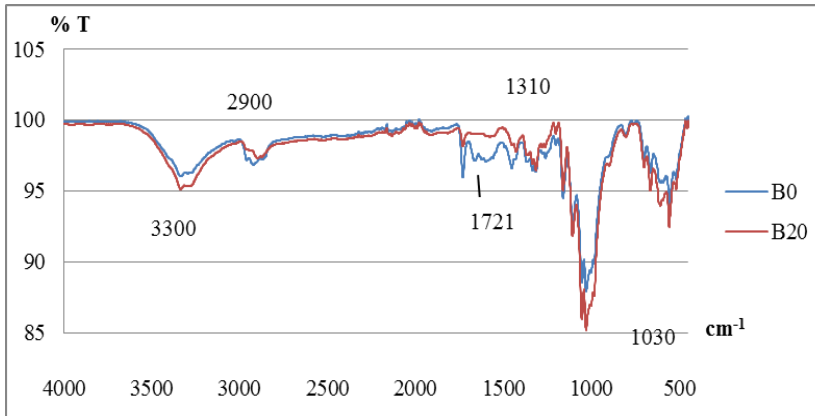
kullanılarak elde edilip (B0), 20 tekrarlı yıkama uygulanmış (B20) (Şekil 6) kumaş numunelerinin FTIR-ATR spektrumları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4. İşlem yapılmamış kumaşın FT-IR spektrumu



Şekil 5. Emdirme yöntemi kullanılan kumaşların FT-IR spektrumları



Şekil 6. Baskı yöntemi kullanılan kumaşların FT-IR spektrumları

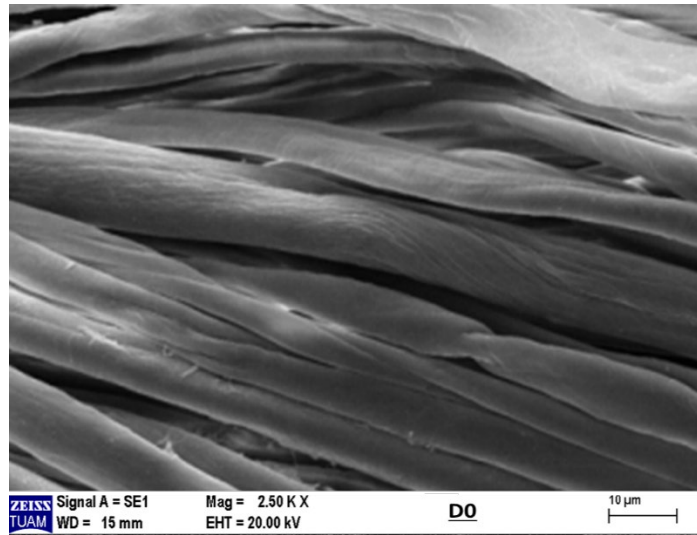
FTIR-ATR analizlerinde pamuk lifinin karakteristik pikleri sırasıyla 3300 cm^{-1} , (OH gerilimi) 1030 cm^{-1} , (CO gerilimi) 2900 cm^{-1} , (CH gerilimi) ve 1310 cm^{-1} dalga numaralarında gözlenmiştir [20]. 1721 cm^{-1} 'de gözlenen pik ise lavanta yağında bulunan iki ana bileşen olan linalool ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$) ve linalil asetatın ($\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2$) varlığını temsil etmektedir [21]. Bu bilgiler doğrultusunda emdirme ve

rotasyon baskı yöntemlerinde lavanta kokulu mikrokapsüllerin kumaş üzerindeki varlıkları kanıtlanmıştır. Spektrumlar detaylı bir şekilde incelendiğinde, baskı yöntemi kullanılan örneklerin yıkama yapılmış ve yapılmamış olanların pik yerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ve mikrokapsül kaybının yok denecek kadar az olduğu görülmüştür. Emdirme yönteminde ise bu pikler arasında (kırmızı ve mavi ile gösterilen piklerdeki kaymalar) azalma yönünde büyük farklar gözlenmiştir. Bu sonuç da; yıkama yapılmış kumaşlardaki mikrokapsüllerin, yıkama esnasında fazla miktarda kaybolduğu anlamına gelmektedir.

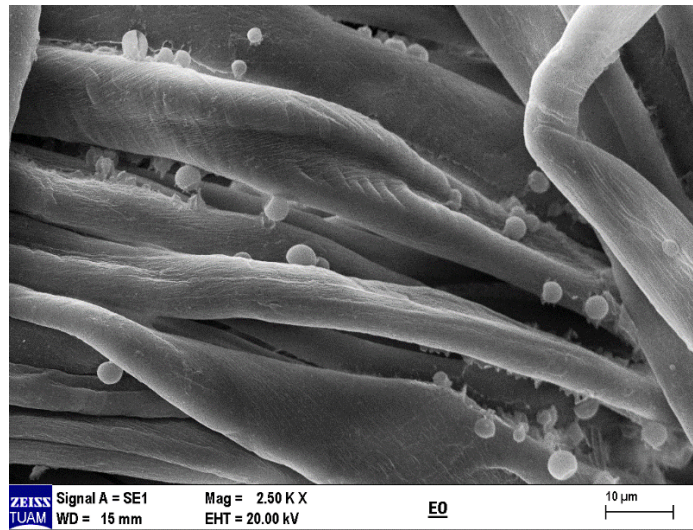
3.3. SEM Analizi Sonuçları

Kumaş numuneleri, öncelikle altın kaplamaya tabi tutulmuş ve LEO 1430 VP marka SEM cihazında 10000× ve 2500× büyütme sağlanarak analizleri tamamlanmıştır.

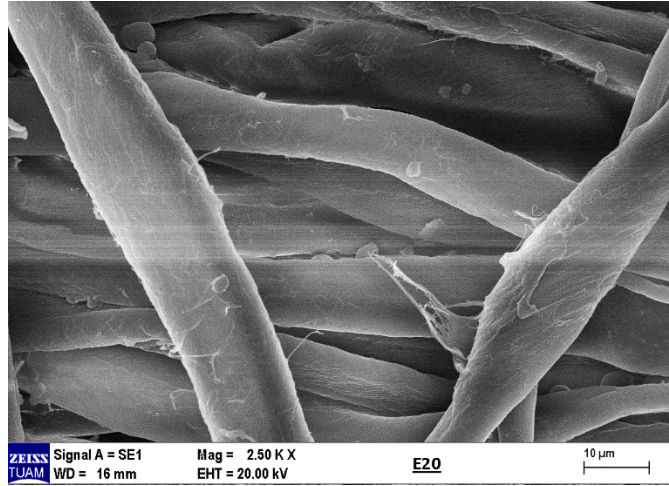
İşlem yapılmamış (D0) ve çalışma kapsamında elde edilen E0, E20 ve B0, B20 kodlarına sahip kumaş numunelerinin SEM mikrografları Şekil 7’de verilmiştir.



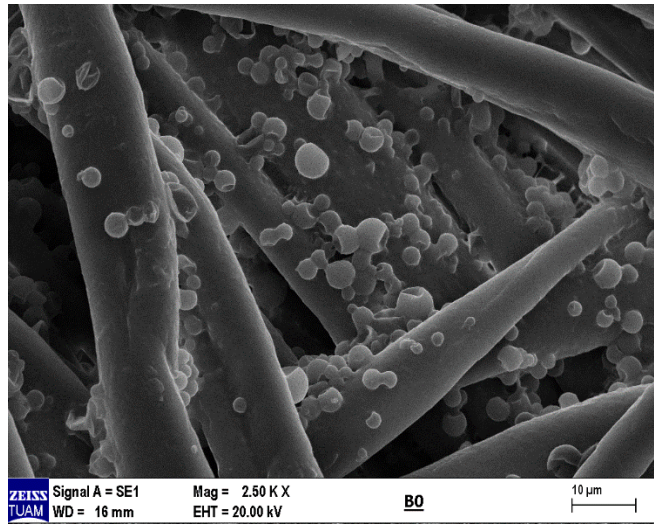
(a)



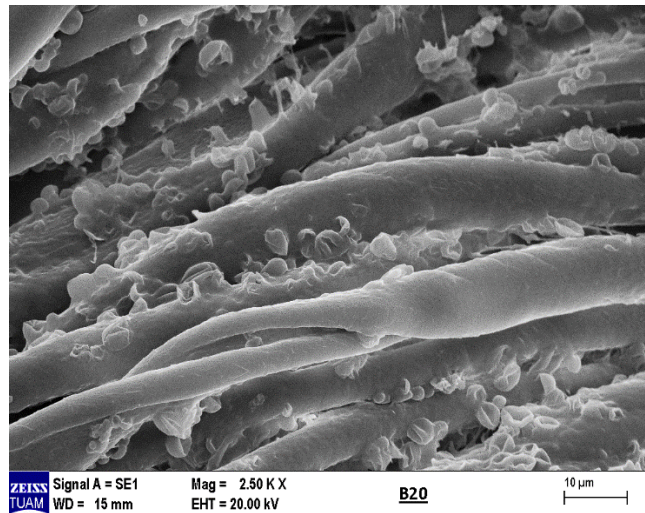
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 7. (a) D0, (b) E0, (c) E20, (d) B0, (e) B20 kumaşlarının SEM görüntüleri

Bu görüntülere göre (D0)numunesinde (Şekil 7.a) herhangi bir kimyasal ajanın veya parçacığın olmadığı görülmektedir. E0 kumaş numunelerinde (Şekil 7.b) mikrokapsüllerin lif aralarında ve liflerin kesiştiği bölgelerdeki varlığı gözlemlenebilir olup, E20 numunesinden alınan görüntüde (Şekil 7.c) mikrokapsüllerin varlığında büyük miktarda azalmaların olduğu gözlemlenmiştir. B0 kumaş numunelerinde (Şekil 7.d) mikrokapsüllerin yoğun bir şekilde dağılım gösterdiği ve B20 numunesinden alınan görüntülerde (Şekil 7.e) ise patlamış ve öz maddesini salmış mikrokapsüllerin varlığı görülmektedir. Böylece; emdirme yönteminde, baskı yöntemine göre daha az miktarda mikrokapsül kullanılmasına rağmen bu yöntem ile aktarılmış olan mikrokapsüllerin yıkama etkisi ile kumaş üzerinden kolaylıkla uzaklaştığı ve lifler ile kuvvetli bağlar kurmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, baskı yöntemi kullanılarak aktarılan mikrokapsüllerin, lifler ile kuvvetli bağlar kurduğu, yıkama ile kumaş numunelerinin üzerinden uzaklaşmadıkları ve mekanik etki ile patlayıp, içerdikleri öz maddeyi saldıkları tespit edilmiştir.

3.4. Anket Çalışması Sonuçları

Anket çalışması için, farklı aplikasyon yöntemleri uygulanmış olan kumaşların yıkama yapılmamış ve tekrarlı yıkama yapılmış olanları refakat kartları eşliğinde denek gruplarına dağıtılmıştır. Kumaş numuneleri, denek grupları tarafından sürtme etkisi uygulandıktan sonra ankette bulunan bilgiler doğrultusunda puanlanmıştır. Koku yoğunluğu algılanmasının, yaşa ve cinsiyete göre değişeceği kriteri göz önünde bulundurularak, anket sonuçları denek gruplarının demografik özelliklerine göre gruplandırılıp, toplanmıştır.

Çalışmada tekrarlı yıkama uygulanmış olanlar ile birlikte emdirme yöntemine ve baskı yöntemine ait toplam 10 farklı kumaş numunesi, 50 farklı deneğe koklatılmıştır. Dolayısıyla 500 adet veri elde edilmiş olup, bu veriler, SPSS paket programı ile üç veya daha fazla grup ortalamalarının karşılaştırılmasında kullanılan tekrarlı ölçümler [22, 23] varyans analizi (ANOVA) üzerinden değerlendirilmiştir. Çizelge 3'te tanımlayıcı istatistik olarak 10 farklı kumaş numunesine ait 1 ile 5 puan arasında koku varlığının değerlendirildiği verilerin ortalamaları ve ilgili standart sapmalar verilmiştir.

Çizelge 3. Kumaş numunelerine verilen puanların ortalamaları ve standart sapmaları

Tanımlayıcı İstatistikler (Descriptive Statistics)			
	Ortalama (Mean)	Standart Sapma (Std. Deviation)	Toplam Kişi (N)
Baskı (yıkama yapılmamış)	4,7800	,41845	50
Baskı (5 yıkama)	4,1000	,70711	50
Baskı (10 yıkama)	3,7000	,50508	50
Baskı (15 yıkama)	3,3400	,59281	50
Baskı (20 yıkama)	2,5200	,57994	50
Emdirme (yıkama yapılmamış)	4,8000	,40406	50
Emdirme (5 yıkama)	3,4000	,53452	50
Emdirme (10 yıkama)	2,1200	,62727	50
Emdirme (15 yıkama)	1,3800	,49031	50
Emdirme (20 yıkama)	1,1000	,30305	50

Varyans analizine (ANOVA) göre Çizelge 3'te gösterilen sonuçlar incelendiğinde hem baskı hem de emdirme yöntemine ait kumaş numunelerinin yıkama sayıları arttıkça koku kalıcılıklarının azaldığı görülmektedir. Fakat, 20 kez yıkama yapılmış kumaş numuneleri yöntem farklılığına göre

kıyaslandığında; baskı yöntemi kullanılmış olan kumaşların ortalama değeri 2,52 iken, emdirme yöntemi kullanılmış olan kumaşlardaki ortalama değer 1,10'a düştüğü görülmektedir.

Çalışmada kullanılan, baskı ve emdirme yöntemleri ile üretilmiş kumaş numunelerine koku kalıcılığı üzerinden verilen puanların kendi içinde kıyaslanması için tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA) aracılığıyla ikili karşılaştırma (Pairwise Comparisons) tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4). Bu tabloda, varyans analizinin anlamlı olup olmadığı, önem değerlerini taşıyan $p > 0,05$ ve $p < 0,05$ olan veriler yer almaktadır.

Çizelge 4. Emdirme ve baskı yöntemi kullanılarak üretilen kumaşlardaki koku kalıcılıklarının karşılaştırılması

İkili Karşılaştırma (Pairwise Comparisons)					
Aplikasyon Yöntemleri		Ortalama Fark (Mean Difference (I-J))	Değer P (Sig. ^b)	%95 Güven Aralığı (95% Confidence Interval for Difference ^b)	
				Alt Sınır (Lower Bound)	Üst Sınır (Upper Bound)
Baskı (yıkama yapılmamış)	Baskı (5 yıkama yapılmış)	,680*	,000	,410	,950
Baskı (yıkama yapılmamış)	Baskı (10 yıkama yapılmış)	1,080*	,000	,862	1,298
Baskı (yıkama yapılmamış)	Baskı (15 yıkama yapılmış)	1,440*	,000	1,124	1,756
Baskı (yıkama yapılmamış)	Baskı (20 yıkama yapılmış)	2,260*	,000	1,966	2,554
Baskı (yıkama yapılmamış)	Emdirme (Yıkama yapılmamış)	-,020	1,000	-,272	,232
Baskı (yıkama yapılmamış)	Emdirme (5 yıkama yapılmış)	1,380*	,000	1,039	1,721
Baskı (yıkama yapılmamış)	Emdirme (10 yıkama yapılmış)	2,660*	,000	2,295	3,025
Baskı (yıkama yapılmamış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	3,400*	,000	3,087	3,713
Baskı (yıkama yapılmamış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	3,680*	,000	3,392	3,968
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Baskı (10 yıkama yapılmış)	,400*	,000	,138	,662
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Baskı (15 yıkama yapılmış)	,760*	,000	,369	1,151
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Baskı (20 yıkama yapılmış)	1,580*	,000	1,236	1,924
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (Yıkama yapılmamış)	-,700*	,000	-1,032	-,368
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (5 yıkama yapılmış)	,700*	,000	,266	1,134
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (10 yıkama yapılmış)	1,980*	,000	1,532	2,428
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	2,720*	,000	2,288	3,152
Baskı (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	3,000*	,000	2,592	3,408
Baskı (10 yıkama yapılmış)	Baskı (15 yıkama yapılmış)	,360*	,016	,035	,685
Baskı (10 yıkama yapılmış)	Baskı (20 yıkama yapılmış)	1,180*	,000	,888	1,472
Baskı (10 yıkama yapılmış)	Emdirme (Yıkama yapılmamış)	-1,100*	,000	-1,384	-,816
Baskı (10 yıkama yapılmış)	Emdirme (5 yıkama yapılmış)	,300	,191	-,047	,647
Baskı (10 yıkama yapılmış)	Emdirme (10 yıkama yapılmış)	1,580*	,000	1,208	1,952
Baskı (10 yıkama yapılmış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	2,320*	,000	1,971	2,669

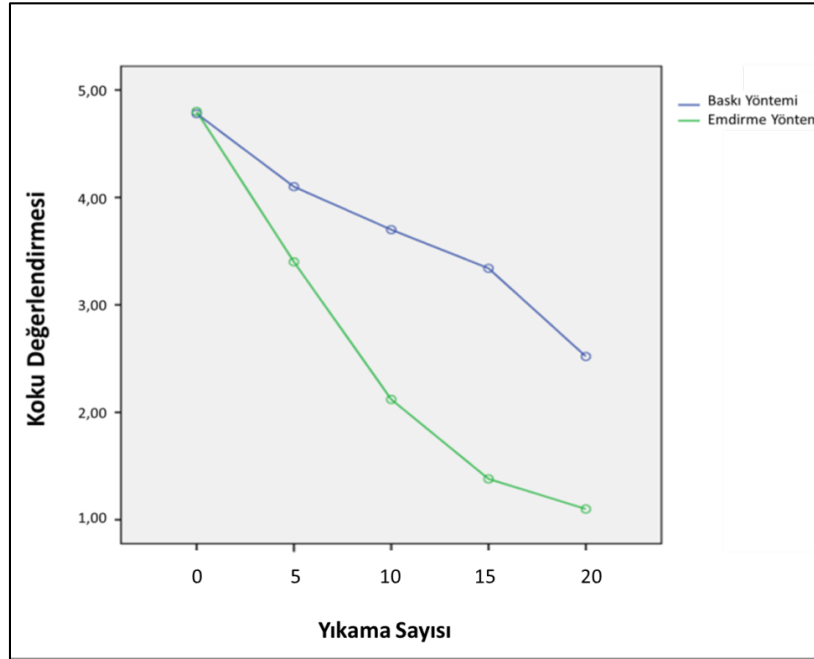
Baskı (10 yıkama yapılmış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	2,600*	,000	2,287	2,913
Baskı (15 yıkama yapılmış)	Baskı (20 yıkama yapılmış)	,820*	,000	,545	1,095
Baskı (15 yıkama yapılmış)	Emdirme (Yıkama yapılmamış)	-1,460*	,000	-1,776	-1,144
Baskı (15 yıkama yapılmış)	Emdirme (5 yıkama yapılmış)	-,060	1,000	-,423	,303
Baskı (15 yıkama yapılmış)	Emdirme (10 yıkama yapılmış)	1,220*	,000	,808	1,632
Baskı (15 yıkama yapılmış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	1,960*	,000	1,604	2,316
Baskı (15 yıkama yapılmış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	2,240*	,000	1,903	2,577
Baskı (20 yıkama yapılmış)	Emdirme (Yıkama yapılmamış)	-2,280*	,000	-2,594	-1,966
Baskı (20 yıkama yapılmış)	Emdirme (5 yıkama yapılmış)	-,880*	,000	-1,232	-,528
Baskı (20 yıkama yapılmış)	Emdirme (10 yıkama yapılmış)	,400	,081	-,020	,820
Baskı (20 yıkama yapılmış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	1,140*	,000	,783	1,497
Baskı (20 yıkama yapılmış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	1,420*	,000	1,090	1,750
Emdirme (yıkama yapılmamış)	Emdirme (5 yıkama yapılmış)	1,400*	,000	1,103	1,697
Emdirme (yıkama yapılmamış)	Emdirme (10 yıkama yapılmış)	2,680*	,000	2,291	3,069
Emdirme (yıkama yapılmamış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	3,420*	,000	3,090	3,750
Emdirme (yıkama yapılmamış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	3,700*	,000	3,433	3,967
Emdirme (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (10 yıkama yapılmış)	1,280*	,000	,859	1,701
Emdirme (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	2,020*	,000	1,618	2,422
Emdirme (5 yıkama yapılmış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	2,300*	,000	1,968	2,632
Emdirme (10 yıkama yapılmış)	Emdirme (15 yıkama yapılmış)	,740*	,000	,400	1,080
Emdirme (10 yıkama yapılmış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	1,020*	,000	,732	1,308
Emdirme (15 yıkama yapılmış)	Emdirme (20 yıkama yapılmış)	,280*	,003	,058	,502

Çizelge 5. Devamı

Çizelge 4’de emdirme ve rotasyon baskı ile applike edilmiş ve farklı sayıda yıkanmış kumaşların koku kalıcılığı ikili olarak karşılaştırılmıştır. $p > 0,05$ olan bazı değerlerde, karşılaştırılan iki kumaşın koku kalıcılığının birbirinden farklı olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, 10 kere yıkanmış baskı kumaş ile 5 kere yıkanmış emdirme kumaş, 15 kere yıkanmış baskı kumaş ile 5 kere yıkanmış emdirme kumaş ve 20 kere yıkanmış baskı kumaş ile 10 kere yıkanmış emdirme kumaş numuneleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Sonuç olarak, varyans analizinde (ANOVA) oluşturulan tablolara göre baskı yöntemi kullanılarak elde edilen kumaşlardaki koku kalıcılığının, emdirme yöntemi ile elde edilenlere göre daha güçlü olduğu ve deneklerin de bu doğrultuda puanlama yaptığı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen (ANOVA) analiz verilerine göre oluşturulan grafik Şekil 8’de verilmiştir. Şekil 8’de yer alan grafikte, baskı ve emdirme yöntemleri ile elde edilmiş ve koku kalıcılıkları tekrarlı yıkamaların ardından denekler tarafından değerlendirilmiş olan numune kumaşların ortalamaları gözlemlenmektedir. Burada, yıkama sayısı arttıkça, her iki yöntemden elde edilmiş numunelerde koku kalıcılıklarının azaldığı görülmektedir. Fakat, yıkama sayısının artmasıyla, koku kalıcılıklarında meydana gelen azalma baskı yönteminde kademeli olarak, emdirme yönteminde ise büyük farklar oluşarak gerçekleşmiştir. Baskı yöntemi kullanılmış ve 20 kez yıkama yapılmış olan kumaşlardaki koku kalıcılıklarına verilen puanların ortalamaları 2-3 arasında iken, emdirme

yönteminde bu değeri 1'e yakındır. Dolayısıyla, baskı yöntemi ile mikrokapsül aplikasyonu yapılmış olan kumaşların 20 yıkamaya sonrasında emdirme yöntemine göre daha dayanıklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Baskı reçetesinde kullanılan binder, mikrokapsüllerin kumaşa daha iyi tutunmasını sağladığı için koku kalıcılığının yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8. Emdirme ve baskı yöntemine ait kumaşların koku kalıcılık puanlarının grafiksel gösterimi

4. Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışmada iki farklı teknik olan emdirme ve baskı kullanılarak lavanta kokusu içeren mikrokapsüller %100 pamuklu dokuma kumaşlara aktarılmıştır. Elde edilen kumaşların tekrarlı yıkamaları sonrasında iki farklı aplikasyon yönteminin kumaşlardaki koku kalıcılığına etkisi araştırılmıştır. Kumaşlardaki koku kalıcılığı, sübjektif olarak, denek gruplarına anket metodu uygulanarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler SPSS paket programında ANOVA aracılığıyla değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarında, baskı yöntemi kullanılarak elde edilen kumaşların 20 kez yıkamaları sonrasında; denek gruplarının vermiş olduğu puan ortalaması 2,52 iken, bu değeri emdirme yönteminden elde edilmiş kumaşlarda 1,10'a düşmüştür. Ayrıca, yöntemlerin ikili karşılaştırma analizlerinin yapılması sonucunda; emdirme yöntemi uygulanmış ve 5 kez yıkama yapılmış kumaşın koku kalıcılık performansı ile baskı yöntemi uygulanmış ve 15 kez yıkama yapılmış olan kumaşın istatistiksel olarak farklı olmadığı $p>0,05$ saptanmıştır. Dolayısıyla, değerlendirme sonuçları analiz edildiğinde; baskı yönteminin, emdirme yöntemine göre kalıcı koku sağlanmasında daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Barış B. Dendrimer teknolojisi kullanılarak pamuklu fonksiyonel kumaşların eldesi. Yüksek lisans tezi. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi; 2012.

- [2] Göde F, Kebapçı K. Gül kokusu içeren mikrokapsüller. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2013; 17(2), 32-35.
- [3] Köksal E, Göde F. Kompleks koaservasyon yöntemi ile E vitamini içeren mikrokapsül üretimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi 2017; 12(1), 1-14.
- [4] Genç, E. (2016). Tekstil uygulamaları için fonksiyonel duvarlı mikrokapsül üretimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Isparta.
- [5] Demirbağ S, Aksoy SA. İnorganik madde ilave edilerek geliştirilmiş termal stabiliteye sahip ısı depolama özellikli mikrokapsül üretimi ve karakterizasyonu. Tekstil ve Mühendis 2013; 20: 92, 27-35.
- [6] Eyüpoğlu S, Kut D. Mikrokapsülasyon teknolojisi ve tekstil sektöründe kullanımı. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2016; 15(29), 9-28.
- [7] Gönülşen İ, Saruşık M, Erkan G, Okur S. Portakal yağı içeren mikro ve moleküler kapsül aktarılmış kumaşlardan salım davranışlarının incelenmesi. Tekstil ve Mühendis, 2016; 23(101), 21-33.
- [8] Atav R, Namırtı O, Yavaş A, Göktepe F. Dendrimer teknolojisi kullanılarak aromaterapi özelliğine sahip fonksiyonel yünlü kumaş eldesi. Celal Bayar University Journal of Science 2017; 13(1), 227-231.
- [9] Aydın N, Öztürk G, Karaboyacı M, Alay S. Koku içeren mikrokapsül uygulanmış akrilik el örgüsü ipliklerden örülen kumaşların karakterizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2011; 15(1), 67-74.
- [10] Monllor P, Bonet M. A. Cases F. Characterization of the behaviour of flavour microcapsules in cotton fabrics. European Polymer Journal 2007; 43(6), 2481-2490.
- [11] Hu, J, Zuobing XIAO, Rujun ZHOU, Shuangshuang MA, Mingxi WANG, Zhen L I. Properties of aroma sustained-release cotton fabric with rose fragrance nanocapsule. Chinese Journal of Chemical Engineering 2011; 19(3), 523-528.
- [12] Rana M, Singh SSJ, Yadav S. Effect of microencapsulated plant extracts on mosquito repellency. Journal of Applied and Natural Science 2017; 9(4), 2127-2131.
- [13] Sharma R, Goel A. Development of insect repellent finish by a simple coacervation microencapsulation technique. International Journal of Clothing Science and Technology 2018; 30, 152-158.
- [14] Stan MS, Chirila L, Popescu A, Radulescu DM, Radulescu DE, Dinischiotu A. Essential oil microcapsules immobilized on textiles and certain induced effects. Materials 2019; 12(12), 2029.
- [15] Dhillon G, Bains S, Grewal S, Kocher KD. Mosquito repellent eucalyptus and rosemary essential oil finishes for cotton fabric. International Journal of Chemical Studies 2020; SP-9(1): 31-34.
- [16] Golja B, Šumiga B, Forte Tavčer P. Fragrant finishing of cotton with microcapsules: comparison between printing and impregnation. Coloration Technology 2013; 129(5), 338-346.
- [17] Tufan M, Özus EE, Erden F. Futbolcu forma ve eşofmanlarının kullanıcıları tarafından değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. International Journal of Sport Culture and Science 2016; 4(Special Issue 1), 249-259.
- [18] Kara Ş, Yeşilpınar S. Fonksiyonel bir yelken giysisi tasarımı için sporcu gereksinimlerinin belirlenmesi. Tekstil ve Mühendis 2017; 24(108), 290-304.
- [19] megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kumaş%20Boyama%20%28emdirme%20Yöntemi%29%201.pdf (Erişim Tarihi: 08.02.2022)
- [20] Basyigit ZO, Kut D, Hauser P. Development of multifunctional cotton fabric via chemical foam application method. Textile Research Journal 2020; 90(9-10), 991-1001.
- [21] Wang S, Zhang W, Chen Y, Zhang S, Wang W. The aromatic properties of polyurea-encapsulated lavender oil microcapsule and their application in cotton fabrics. Journal of Nanoscience and Nanotechnology 2019; 19(7), 4147-4153.
- [22] Tirosh O, Begg R, Passmore E, Knopp-Steinberg N. Wearable textile sensor sock for gait analysis. In: 2013 Seventh International Conference on Sensing Technology (ICST) 2013; (pp. 618-622), IEEE.
- [23] Tang KPM, Kan CW, Fan JT. Assessing and predicting the subjective wetness sensation of textiles: subjective and objective evaluation. Textile Research Journal 2015; 85(8), 838-849.

KÜRESEL CİSİMLERİN POZİSYON KESTİRİMİNDE KUATERNİYON YAKLAŞIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ - SIZINTI TESPİT TOPU UYGULAMASI

Ersan YAZAN¹, M. Fatih TALU^{2*}

¹Adıyaman Üniversitesi, Besni Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Adıyaman, 02100, Türkiye

²İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, 044040, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 18.03.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 11.09.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1089972

ÖZET

Su kaynaklarının azalması sebebiyle alınan önlemlerden biri su iletim hattında oluşan sızıntı konumlarının doğru tespitidir. Bu nedenle sızıntı tespiti ile ilgili çalışmalar önem arz etmektedir. Bu çalışmada, su borularındaki sızıntı olan bölgelerin tespitinde kullanılmak üzere küre şeklinde bir top üretilmiş ve bu topun gezinti esnasında anlık konum bilgisinin en doğru hesaplanabileceği yöntemler araştırılmıştır. Xsens firmasının IMU sensörünü içeren topun belirli hareket güzergâhlarında gezintisi sağlanmış ve anlık ivme, açısal hız ve kuaterniyon verileri toplanmıştır. Kuaterniyon değerinin pozisyon üzerindeki etkisini analiz edebilmek için iki farklı Kuaterniyon hesaplama yaklaşımının (Madgwick ve Mahony) sonuçları değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmalar, pozisyon tahmin doğruluğunun tatmin edici düzeyde olduğunu ve yapılan çalışmanın sızıntı tespit sistemlerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

***Anahtar Kelimeler:** Kuaterniyon, imu, madgwick, mahony, pozisyon takibi, sızıntı tespiti*

EVALUATION OF QUATERNION APPROACHES IN ESTIMATING THE POSITION OF SPHERICAL BODIES- LEACK DETECTION BALL APPLICATION

ABSTRACT

One of the measures taken due to the decrease in water resources is the accurate detection of leakage locations in the water transmission line. For this reason, studies on leak detection are important. In this study, a spherical ball was produced to be used in the leak detection areas in the water pipes and the methods by which the instant position information of this ball can be calculated most accurately were investigated. The ball containing the IMU sensor of Xsens company was provided to travel on certain movement paths and instantaneous acceleration, angular velocity and quaternion data were collected. In order to analyze the effect of quaternion on position, the results of two different Quaternion calculation approaches (Madgwick and Mahony) were evaluated. Experimental studies show that the position estimation accuracy is satisfactory and the study can be used in leak detection systems.

***Keywords:** Quaternion, imu, madgwick, mahony, position tracking, leak detection*

1. Giriş

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak yaşanan mevsimsel değişimler neticesinde yağışların azalmasıyla birlikte, giderek artan nüfus oranı mevcut su kaynaklarının yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Dünya Bankası bu konuda 2017 yılında hazırlamış olduğu raporda

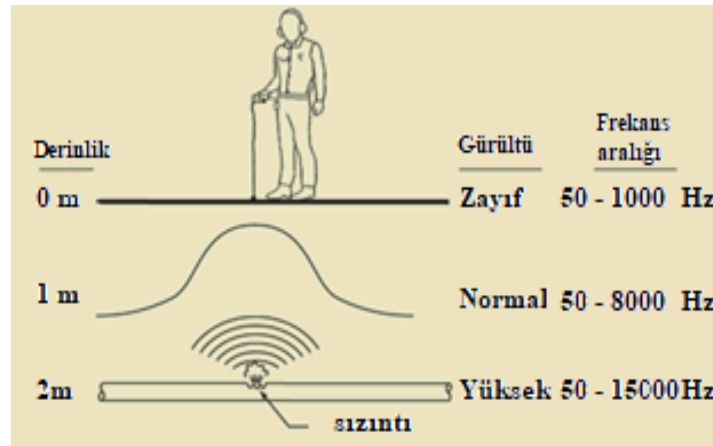
e-posta¹ : eyazan@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3315-241X> (Sorumlu Yazar)

* e-posta² : mfatihaltu@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1166-8404>

mevcut su politikalarında bir düzenleme olmadığı takdirde 2025 yılında dünya nüfusunun üçte ikisinin susuz kalacağı tahmininde bulunmuştur [1].

Birçok ülkede kaynakların yetersizliği sebebiyle su kaynaklarının daha verimli kullanılması, gereksiz kullanımların ve su kayıplarının önüne geçilmesine yönelik politikalar geliştirilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda bu alanda birçok çalışma yapılmış ve hala yapılmaktadır. Su kayıplarının önlenmesi bu çalışmaların başında gelmektedir.

Sızıntı tespiti ile ilgili bilinen en eski ve klasik yöntem, yer altındaki boru hattının yer üzerinde uzman bir kişi tarafından dinlenerek çatlaktan sızan suyun sesini bulmaya çalışmasıdır [2]. Dış ortamdan kaynaklanan sesler, borudaki çatlaktan gelen sesi bastırabileceği için, dinleme işleminin dış ortam gürültüsünün az olduğu gece saatlerinde yapılması tercih edilir. Çatlaktan gelen ses borunun yapıldığı malzeme, borunun boyutu, çatlağın büyüklüğü ve suyun basıncı gibi faktörlere göre değişmektedir. Bu nedenle yöntemin başarısı dinleme yapan kişinin yeteneğine bağlıdır. Bu yöntem düşük maliyetli olmasına karşılık sızıntının hızlı tespit edilememesi ve tahmin doğruluk oranının düşük olması sebebiyle etkili bir yöntem değildir.

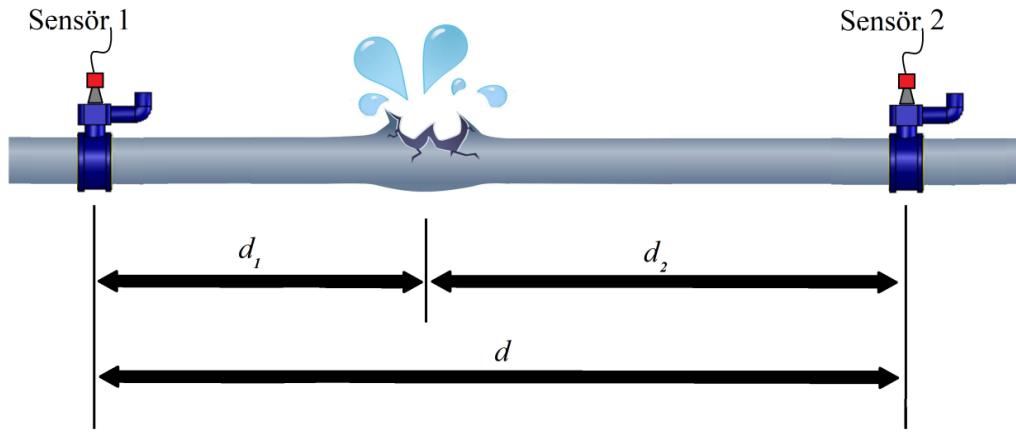


Şekil 1. Geleneksel yer üstü kaçak tespit yöntemi [3]

Yer üzerinden dinlemenin çok verimli olmaması sebebiyle farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İz sürücü gazların kullanımı bu yöntemlerden birisidir [4]. Bu yöntemde zehirli olmayan ve suda çözünemeyen, havadan hafif hidrojen veya helyum gibi bir gaz boru hattına enjekte edilir ve bu gaz, sızıntının olduğu noktada yüksek basınçla dışarı çıkar. Gaz detektörleri ile sızıntı noktasının konumu tahmin edilebilir. Küçük sızıntıların tespitinde kullanılabilen yöntemin yüksek maliyetli olması ve uzun sürede sızıntıyı tespit etmesi gibi dezavantajları vardır [5]. Fiber optik kablo kullanımı ise bir başka yöntemdir [6]. Boru hattı içerisine döşenen fiber optik kablo ile özel bir madde teması geçerek kablonun sıcaklığını değiştirmesi neticesinde sızıntı tespiti yapılmaktadır. Kızıl ötesi ve termal kameralar da sızıntı tespitinde kullanılmaktadırlar [5]. Boruda sızıntı olması durumunda, sızıntının olduğu noktadan sızan su, çevresindeki toprak ısınımsını değiştirmektedir. Isı farkı bu kameralarla tespit edilebilmektedir. Yöntemin dezavantajı, termal kameraların özelliğinden dolayı, çevre sıcaklığından daha yüksek olan sıcak su boru hatları için kullanılabilmesidir. Bu nedenle şehir şebekelerindeki sızıntıların tespiti için kullanılamazlar. Radar sistemleri de sızıntı tespitinde kullanılan bir diğer yöntemdir [7]. Radardan yayılan elektromanyetik dalganın yansıtılarak yüzeye dönme hızı sızıntının olduğu yerle sızıntı olmayan yer arasında farklılık göstermektedir. Bu özellik sayesinde sızıntılar tespit edilir. Boru dışındaki metal nesnelere yöntemin başarımını etkilemektedir. Bu yöntemde bir diğer dezavantaj ise farklı toprak türlerinde farklı frekansların seçilmesi gerektiğinden doğru frekansın seçim zorluğudur.

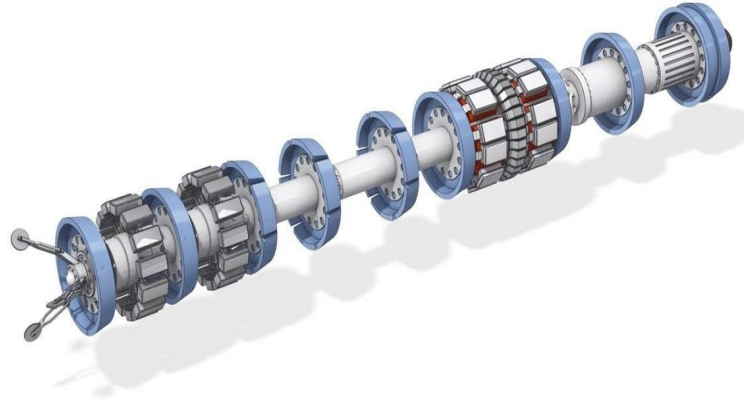
İletim borularında meydana gelen sızıntı neticesinde; suyun basıncında değişme, sızan suyun toprakta neme sebebiyet vermesi ve ısı farklılığı, iletim borularında titreşim ve normalden farklı bir ses meydana gelmesi gibi farklı durumlar meydana gelir [8]. Sızıntıların tespitine yönelik çalışmalarda genelde bu farklılıklardan yola çıkılarak çeşitli yöntemler öne sürülmüştür. Çatlak bölgesinden boru

dışına suyun sızması sonucunda toprak nemlenir ve ısı kaybeder. Yapılan bir çalışmada ısı değişimi gözlenerek sızıntının konumu hesaplanmaya çalışılmıştır [9]. Boru hattındaki sızıntı suyun basıncında bir düşüğe sebep olur. Bu ilkeye dayanarak sızıntı tespit eden sistemler de geliştirilmiştir [10]. Bu yöntemlerde, boru hattının belirli yerlerinden basınç ve akış bilgisi alınarak kaydedilir. Alınan basınç bilgileri eski bilgilerle karşılaştırılır ve arada belirli bir eşik değerinin üzerinde fark tespit edilirse sızıntı olduğu kararına varılır. Bu yöntem küçük çaplı sızıntılarda kesin sonuç vermeyebilir. Ayrıca sızıntı olmaması durumunda da şebeke basıncının düştüğü durumlarda sistemin bunu sızıntı olarak algılaması yöntemin bir diğer dezavantajıdır [11]. Titreşim ve ses verileri kullanılarak sızıntı konumu tahmin eden yöntemler de öne sürülmüştür. Bu yöntemlerde iletim borusu üzerinde iki farklı noktaya sensörler yerleştirilerek bu sensörlerden alınan veriler ile sızıntının konumu hesaplanır. Şekil 2.'de temsili resmi verilen yöntemde sensörler tarafından algılanan titreşim veya ses verisi gsm, gprs, rfid gibi farklı yöntemlerle merkezi birime iletilir. Sensörlerden toplanan bu veriler farklı tekniklerle işlenerek sızıntının olduğu nokta tahmin edilir.



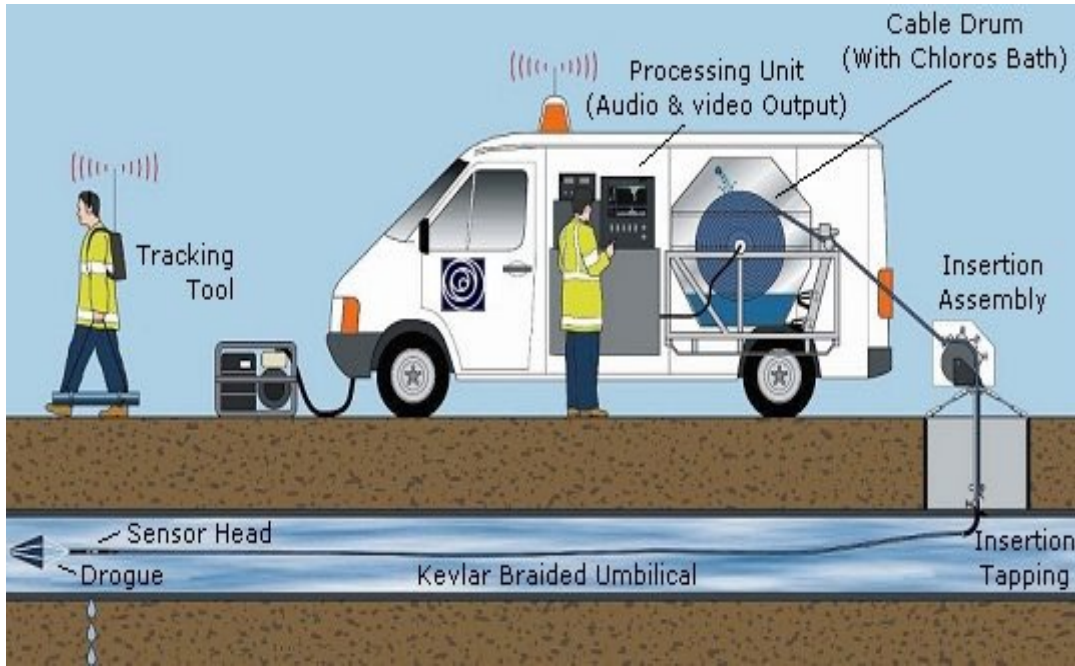
Şekil 2. Titreşim ve akustik sensörlerle sızıntı tespiti

Bu yöntemlerin sızıntı tespitindeki temel prensibi, sinyalin iki sensöre de geliş süreleri üzerinde konum tahmininin yapılmasıdır. Bu tekniğe dayalı çalışmalar, temel prensibe bağlı olarak sızıntı konumunu tahmin etme yöntemleri açısından farklılık göstermektedirler. Bazı çalışmalarda [12].iki farklı sensörden gelen veriler çapraz korelasyon tekniği ile işlenerek sızıntı konumu tahmin edilmeye çalışılırken, frekans analizini kullanan çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda sensörlerden alınan sinyal önce Fast Fourier Transform (FFT) tekniği ile frekans ortamına taşındıktan sonra normal ses harmonisinin dışında kalan kısımlar tespit edilerek sızıntı olarak nitelendirilmektedir [13]. FFT dönüşümü ile zaman bilgisi kaybolduğundan dolayı frekans ve zaman bilgisinin birlikte kullanıldığı Dalgacık Dönüşümü (Wavelet Transform) gibi yöntemler de sızıntı tespit çalışmalarının da kullanılmıştır [14, 15]. Literatürde, bu yöntemlerin sızıntı tahminindeki başarımlarını arttırmak amacıyla çeşitli filtrelerle birlikte bu yöntemlerin uygulandığı çalışmalar da yer almaktadır [16, 17]. Bu iki yöntemin dışında makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak sızıntı konumunu tahmin edildiği çalışmalar da gerçekleştirilmiştir [18, 19]. Bu yöntemlerin genel olarak en büyük dezavantajı birden fazla sızıntının olduğu durumlarda başarımlarının düşük olmasıdır. Bu dezavantajı gidererek boru içerisinde gezinen özel robotlar yardımıyla sızıntıdan kaynaklanan basınç, titreşim ve ses gibi veriler ölçülerek sızıntı lokasyonunun tahminine yönelik cihazlar geliştirilmiştir. Bu çalışmalar daha çok ticari amaçlı geliştirilen çalışmalardır. Boru içerisinde serbest olarak hareket eden bu cihazlar boru hattı gözlem aleti (Pipeline Inspection Gauge – PIG) olarak nitelendirilirler [20, 21]. Sızıntı tespiti haricinde temizlik ve gözlem amaçlı olarak da geliştirilmiş PIG tabanlı cihazlar mevcuttur [22]. Şekil 3.'te Nord Stream AG firmasının geliştirdiği PIG cihazı gösterilmiştir.



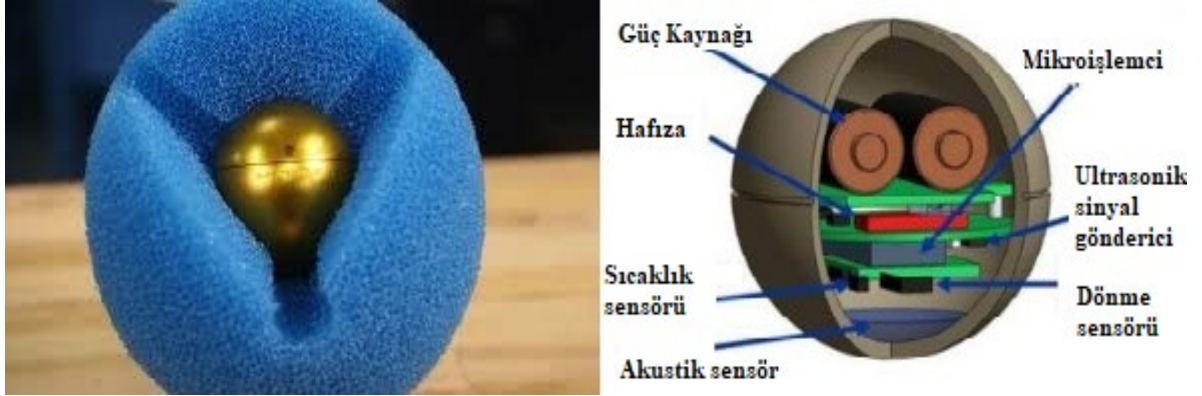
Şekil 3. Nord Stream AG firmasına ait Intelligent PIG

Boru hattı içerisinde gezinerek tespit yapan bir diğer sistem, İngiltere Su Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen ve Şekil 4’te şematiği gösterilen Sahara sistemidir.



Şekil 4. Sahara sisteminin şeması [20]

Bu sistemde akustik sensör bir kablo ile merkezi izleme cihazına bağlı olacak şekilde boru hattı içerisine bırakılır. Böylelikle sensör boru hattı içerisinde gezinirken sensörün konumu aynı anda izlenebilmektedir. Borunun üretildiği malzeme, çapı, yüzeydeki toprak tipi gibi faktörlerin önemsiz olduğu bu sistem diğer sistemlere göre pahalı bir sistemdir. Ayrıca kablo ile kullanıldığından dolayı boru hattı içerisinde belirli bir mesafeye kadar gidebilir. Bir diğer sızıntı tespit cihazı Pure Technologies tarafından geliştirilmiş ve SmartBall adını vermişlerdir [23]. Sudan ağır bir malzemeden üretilen ve dış yüzeyi süngerle kaplanan top şeklindeki cihaz boru hattına bırakılarak suyun akışıyla boru içerisinde ilerler. İçerisinde yerleştirilen akustik mikrofon ile ses dinlemesi yaparak merkezi birime kablosuz veri aktarımı yapmaktadır. Merkezi birimde sesler işlenerek sızıntı olup olmadığı tespit edilir. Aynı zamanda iki ayrı GPS alıcısı ile topun bulunduğu konum sürekli hesaplanmakta ve bu sayede sızıntının hangi konumda meydana geldiği tahmin edilmektedir. Pahalı bir sistem olan SmartBall’un çok küçük sızıntıları tespit edebilmesi ise en büyük avantajıdır.



Şekil 5. Pure Technologies firmasının geliştirdiği Akıllı Top (SmartBall)

Şebeke borularındaki su kaçaklarının tespiti konusunda gerçekleştirilen literatür taraması göstermiştir ki, boru hattı içerisine girerek su kaçağının konumunu tespit eden sistemler, borunun iki ucuna sabit monte edilerek titreşim dinleyen veya yer üzerinde yapılan tespit sistemlerinden daha etkilidirler.

Boru içi tespit sistemlerinde iki önemli yazılımın gerekli olduğu görülmektedir. Birincisi, boru içerisinde ilerleyen robotun konum bilgisini hassas bir şekilde tespit edilebilme yazılımı (navigasyon), ikincisi ise boru kaçak noktasından çıkan ses ile diğer tüm sesleri (suyun akıntısı, robotun yuvarlamasından veya çarpmasından oluşacak sesler) birbirinden ayırabilme yazılımı. Yapılan bu çalışmada henüz gerçek su boruları kullanılmadığı için sadece hassas konum tespiti yapabilen bir yaklaşım sunulmuştur. Bu nedenle bu çalışmada su dağıtım borularında meydana gelen sızıntıların konumunu, dağıtım şebekesinin işleyişine engel olmadan tespit edebilecek şekilde düşük maliyetli bir çözüm önerisi sunulmuştur.

Bu kapsamda makalenin ikinci bölümünde önerilen sistem için uygulanan metot hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde gerçekleştirilen deneyler ve çıktıları gösterilmiş son bölümde ise çalışmanın genel sonuçları hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Materyal ve Metod

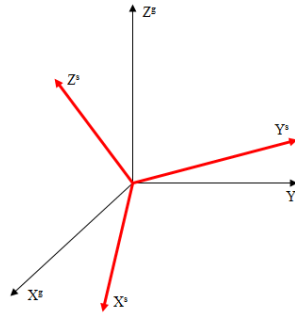
İvme değeri ile pozisyon hesabı yapılırken ivme değerlerinin iki defa integrali alındığından dolayı üstel hata artışına sebep olmaktadır [24]. Bu nedenle bu çalışmada gayro değeri ile pozisyon hesabı yapılmış, ivme değeri ise gyro sürüklenmesinden (gyro drift) kaynaklanan hatayı minimize etmek için kullanılmıştır.

Çalışmada boru içerisinde kaçakları tespit edebilecek top şeklinde cihazların konum tespiti için bir yöntem önerilmiştir. Bu nedenle öncelikle boru hatlarında gezebilecek top şeklinde bir cihaz yapılmıştır. Suyun itme kuvvetiyle borunun bir ucundan diğer uca hareketlenecek bu topun sürekli dönme hareketi gerçekleştireceği düşüncesiyle yer üzerinde yapılan konum tespit çalışmalarında dönme hareketini sağlayacak aparatlar kullanılmıştır. Boruda dönerek ilerleyecek topun içerisinde mikrofon bulunacak ve ortam sesinin kaydedilmesini sağlayacaktır. Gezinti sonrasında kaydedilen ses verisinin analiziyle kaçak bölgesinden çıkan sesin diğer ortam seslerinden ayıklanma işlemi gerçekleştirilecektir. Bununla birlikte top içerisindeki Inertial Measurement Unit (IMU – Atalet Ölçü Birimi) sensöründen alınan verilerin işlenmesiyle de topun gezindiği bölgenin grafiksel olarak haritalandırılması düşünülmüştür.

Bu çalışma kapsamında sadece pozisyon takibi yapılmış olup sonraki aşamada mikrofon ve IMU sensöründen alınan veriler zaman bilgisi ile birlikte kaydedilip, topun gezdiği bölge grafiği üzerinde sızıntı konumu gösterilmesi hedeflenmektedir.

Bir nesnenin anlık konumunun takip edilmesi amacıyla farklı teknikler uygulanmış ve farklı yöntemler öne sürülmüştür. Bu çalışmada da iletim hattındaki boru içerisinde yuvarlanarak hareket eden bir topun içerisinde yer alan IMU sensörü kullanılarak topun konumunun takip edilmesine yönelik bir yöntem önerilmiştir. IMU, içerisinde genel olarak ivmeölçer ve jiroskop barındıran ve bu cihazlar sayesinde ivme ve açısal hız bilgisi ölçen elektronik bir cihazdır. Bazı IMU çeşitlerinde manyetometre de yer almaktadır. IMU, konumlandırma, anlık pozisyon takibi, hareket/yön analizi ve bunların haricinde birçok alanda kullanılmıştır.

IMU ile pozisyon takibi çalışmalarında genel olarak ivmeölçer ile alınan ivme bilgisi kullanılmıştır. Anlık ivme verilerinin integrali alınarak hız bilgisi elde edilmiş ve hız bilgisi ile de yer değiştirme miktarı bulunarak pozisyon takibi yapılmıştır. Bunun için öncelikle üç ekseninde (x, y, ve z) alınan ve sensör koordinat sistemi üzerinde olan ivme bilgisi global koordinat sistemine dönüştürülür ve işlemler global koordinat sisteminde gerçekleştirilir. Sensör koordinat sisteminde X eksenini ileri yönünü, Y eksenini sağ ve Z eksenini de aşağı yönü temsil eder.



Şekil 6. Global ve sensör koordinat sistemlerinin temsili gösterimi

Şekil 6'da temsili olarak Global (dünya) ve sensör koordinat sistemleri gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere sensör (s) ve global (g) koordinat sistemlerinin merkezleri aynı noktadadır. Koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm genel olarak Koordinat Dönüşüm Matrisi (Direction Cosine Matrix – DCM), Euler Açılımları veya Kuaterniyon ile gerçekleştirilmektedir [25].

2.1. Koordinat Dönüşüm Matrisi (Direction Cosine Matrix - DCM)

Sensör koordinat sisteminden global koordinat sistemine dönüşüm yapılmak istendiğinde kullanılan 3X3 boyutundaki DCM eşitlik.1'de yer alan gR_s matrisi ile temsil edilir.

$${}^gR_s = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Eşitlik.1'de gösterilen her bir R_{ij} elemanı; sensör koordinat sistemindeki i. eksenini ve global koordinat sistemindeki j. eksen arasındaki açının kosinüs değerini temsil eder. DCM ile sensör koordinat eksenindeki bir vektörün global koordinat sistemine dönüşümü eşitlik.2'de verilen denklem ile gerçekleştirilir.

$$a^g = {}^gR_s \cdot a^s \quad (2)$$

2.2. Euler Açılımları (Euler Angels)

Bir koordinat sisteminden sırayla üç ayrı ekseninde sırayla φ, θ, ψ açıları kadar döndürme işlemi yapılarak başka bir koordinat sistemine geçiş yapılabilir. Dolayısıyla ilk eksene tekrardan dönüş yapılmak istendiğinde bu sefer sırayla ψ, θ, φ açıları kadar ters yönde döndürülmesi gerekecektir. İki

koordinat sistemi arasında dönüşümü sağlayan her bir eksenindeki bu açılara euler açıları denir. Sensör koordinat sisteminden global koordinat sistemine euler açıları ile dönüşüm yapılmak istendiğinde dönüşüm matrisi eşitlik.3 kullanılarak elde edilir.

$${}^g_sR = \begin{bmatrix} \cos\theta\cos\psi & \sin\varphi\sin\theta\sin\psi & \sin\varphi\sin\psi + \cos\varphi\cos\theta\cos\psi \\ \cos\theta\sin\psi & \cos\varphi\cos\psi + \sin\varphi\sin\theta\sin\psi & \cos\varphi\sin\theta\sin\psi - \sin\varphi\cos\psi \\ -\sin\theta & \sin\varphi\cos\theta & \cos\varphi\cos\theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

2.3. Kuaterniyon (Quaternion)

Kuaterniyon bir koordinat sisteminin açısal konumunu başka bir referans koordinat sistemiyle ilişkilendiren bir değerdir. Bir skalar ve üç boyutlu karmaşık sayı vektöründen oluşan dört boyutlu bir vektördür. Sensör koordinat sisteminden global koordinat sistemine dönüşüm için tanımlanan kuaterniyon vektörü q ile gösterilir. Eşitlik.4'te gösterilen v_x , v_y ve v_z değerleri v vektörünün kendi ekseninde α açısı kadar döndürülmesi neticesinde X, Y ve Z eksenlerindeki bileşenleridir.

$$q = [q_0 \quad q_1 \quad q_2 \quad q_3] = [\cos\frac{\alpha}{2} \quad -v_x\sin\frac{\alpha}{2} \quad -v_y\sin\frac{\alpha}{2} \quad -v_z\sin\frac{\alpha}{2}] \quad (4)$$

Kuaterniyon kullanılarak dönüşüm yapılmak istendiğinde öncelikle konjüge kuaterniyon değeri hesaplanır. Bu değer q^* ile gösterilir ve eşitlik.5' te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$q^* = [q_0 \quad -q_1 \quad -q_2 \quad -q_3] \quad (5)$$

Kuaterniyon vektörünün konjüge değeri bulunduğundan sonra sensör koordinat sistemindeki v^s vektörünün global koordinat sisteminde v^g vektörüne dönüşümü için eşitlik.6 kullanılır.

$$v^g = q \otimes v^s \otimes q^* \quad (6)$$

Eşitlik.6'da yer alan \otimes işlemi kuaterniyon çarpımını ifade eder. Eşitlik.7'de iki kuaterniyon vektörü p ve q için kuaterniyon çarpımı gösterilmiştir.

$$p \otimes q = [p_0 \quad p_1 \quad p_2 \quad p_3] \otimes [q_0 \quad q_1 \quad q_2 \quad q_3] = \begin{bmatrix} p_0q_0 - p_1q_1 - p_2q_2 - p_3q_3 \\ p_0q_1 + p_1q_0 + p_2q_3 - p_3q_2 \\ p_0q_2 - p_1q_3 + p_2q_0 + p_3q_1 \\ p_0q_3 + p_1q_2 - p_2q_1 + p_3q_0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Euler açıları ile dönüşüm matrisi hesaplandığı gibi kuaterniyon vektörü ile de dönüşüm matrisi hesaplanabilir. Böylelikle koordinat sistemleri arasında dönüşüm işlemi dönüşüm matrisi ile gerçekleştirilebilir. Kuaterniyon vektöründen dönüşüm matrisinin hesaplanması eşitlik.8'de gösterildiği gibidir.

$${}^g_sR = \begin{bmatrix} 2q_0^2 - 1 + 2q_1^2 & 2(q_1q_2 + q_0q_3) & 2(q_1q_3 - q_0q_2) \\ 2(q_1q_2 - q_0q_3) & 2q_0^2 - 1 + 2q_2^2 & 2(q_2q_3 + q_0q_1) \\ 2(q_1q_3 + q_0q_2) & 2(q_2q_3 - q_0q_1) & 2q_0^2 - 1 + 2q_3^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Yukarıda izahı verilen üç yöntemden herhangi birisi kullanılarak sensör koordinat sisteminden global koordinat sistemine dönüşüm yapılabilir. Konum bulma ve pozisyon takibi gibi işlemler bu dönüşüm işleminden sonra global koordinat sisteminde gerçekleştirilirler.

Bu çalışmada önce kuaterniyon değeri hesaplanmış sonrasında ise dönüşüm matrisi ile global koordinat sistemine dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Kuaterniyon vektörü eşitlik.9'da yer alan denklem kullanılarak hesaplanır.

$$q_{t+1} = q_t \otimes [0, w_{t+1}]^T \quad (9)$$

Sensörden alınan gyro değerleri gürültülü olduğu için kuaterniyon vektörü doğru bir şekilde hesaplanamayacaktır. Bu nedenle gerçekleştirilen çalışmada, bu gürültüyü azaltmak amacıyla iki ayrı filtre kullanılmıştır. Bunlardan birisi Mahony[26] diğeri ise Madgwick [27] filtresidir. Mahony filtresi PI (Proportional-Integra) tabanlı bir yöntemdir. İvmeölçerden elde edilen veriler ile gyro değeri güncellenir sonrasında kuaterniyon değeri Eşitlik.9'a göre hesaplanır. Mahony filtresinin genel fikri ivmeölçerden alınan ivme verileri ile jiroskoptan elde edilen gyro verilerini kombine ederek kullanmaya dayalıdır. Aşağıdaki eşitliklerde bu yöntemle kuaternion hesabı gösterilmiştir.

$$v = \begin{bmatrix} 2(q_2q_4 - q_1q_3) \\ 2(q_2q_4 - q_1q_3) \\ q_1^2 - q_2^2 - q_3^2 + q_4^2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$e_{t+1} = a_{t+1} X v \quad (11)$$

$$e_{t+1} = a_{t+1} X v \quad (12)$$

$$w_{t+1} = w_{t+1} + K_p e_{t+1} + K_i e_{i,t+1} \quad (13)$$

$$q_{w,t+1} = \frac{1}{2} q_{est,t} \otimes [0, w_{t+1}]^T \quad (14)$$

$$q_{est,t+1} = q_{est,t} + q_{w,t+1} \Delta t \quad (15)$$

Eşitlik 13'te PI yönteminin nasıl uygulandığı görülmektedir. Bu adımda jiroskop'tan alınan gyro değerleri üzerinde bir düzeltme yapılarak Eşitlik.9'da yer alan denklem kullanılarak o adımdaki kuaternion değeri hesaplanmıştır.

Madgwick yöntemi ile kuaternion hesabı üç temel adımda izah edilebilir. Birinci adım, acc bilgisine dayalı kuaternion değerinin bulunması, ikinci adım, gyro bilgisine dayalı kuaternion değerinin bulunması, son adım ise, bu iki değerlerin birleştirilmesi. Bu adımlar, aşağıda yer alan eşitliklerde gösterilmiştir.

$$F = \begin{bmatrix} 2(q_2q_4 - q_1q_3) - a_x \\ 2(q_1q_2 - q_3q_4) - a_y \\ 2(0.5 - q_2^2 - q_3^2) - a_z \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$J = \begin{bmatrix} -2q_3 & 2q_4 & -2q_1 & 2q_2 \\ 2q_2 & 2q_1 & 2q_4 & 2q_3 \\ 0 & -4q_2 & -4q_3 & 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$q_{acc,t+1} = -\beta \frac{J^T * F}{\|J^T * F\|} \quad (18)$$

$$q_{w,t+1} = \frac{1}{2} q_{est,t} \otimes [0, w_{t+1}]^T \quad (19)$$

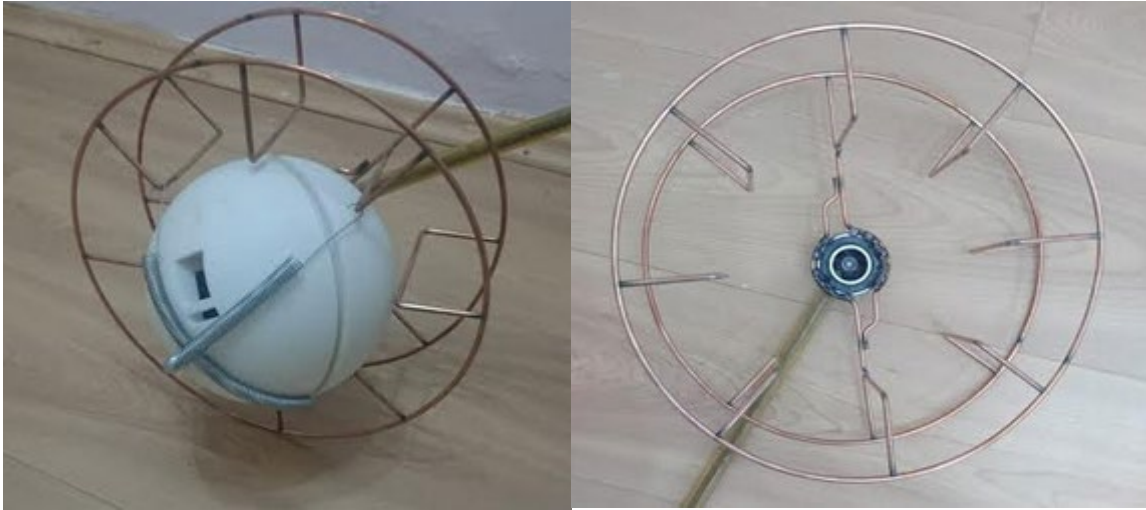
$$q_{est,t+1} = q_{est,t} + (q_{acc,t+1} + q_{w,t+1}) * \Delta t \quad (20)$$

Eşitlik 16, 17 ve 18’de ivme bilgisine dayalı quaternion değerinin hesaplanması, Eşitlik 19’da gyro bilgisine dayalı quaternion hesabı ve Eşitlik 20’de de bu iki quaternion değerinin nasıl birleştirildiği gösterilmiştir.

3. Bulgular

Bu çalışmada iletim boru hattı içerisindeki topun hareketini benzer şekilde gerçekleştirecek düzener kurulmuş ve bu düzener sayesinde top yuvarlanarak hareket ettirilmiştir. Şekil 7.a ve 7.b’de sırayla sensörün yer aldığı top ve bu topu yuvarlayarak hareket ettirmek için kullanılan düzener gösterilmiştir.

Topun içerisinde Raspberry Pi 3 kartı, Xsens MTW2 kartı ve güç kaynağı yer almaktadır. Çalışma offline olarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin kaydedilip işleme hızı online çalışma için uygundur. Gerekli donanımsal ekipmanlar sağlanarak online olarak da gerçekleştirilmesi mümkündür. Xsens sensöründen alınan anlık ivme, açısal hız ve quaternion bilgileri Raspberry Pi üzerinde kaydedilmiştir. Sonrasında bilgisayar ortamına aktarılan bilgiler MATLAB ortamında işlenerek topun gezdiği alan grafik üzerinde gösterilmiştir.

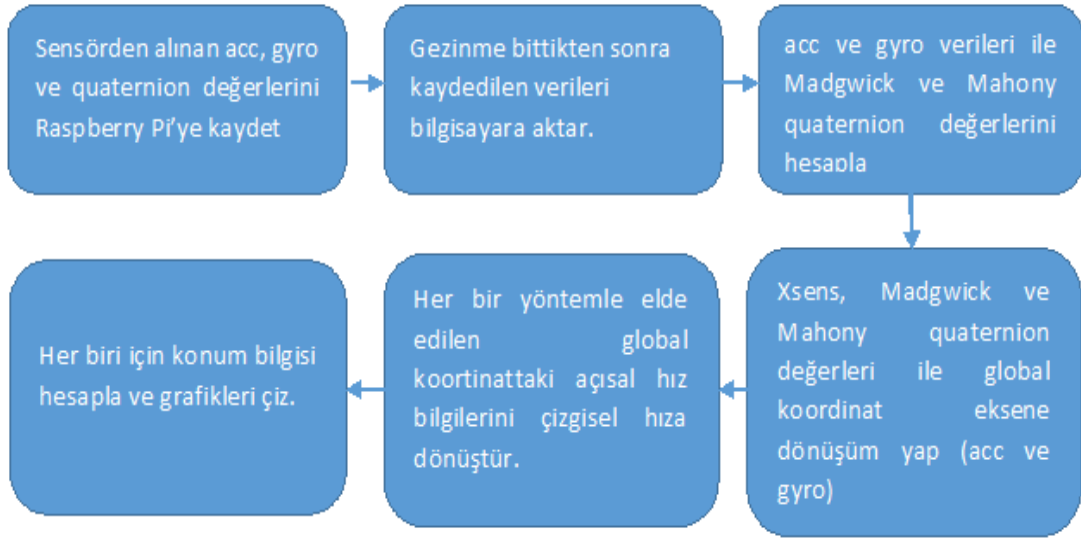


Şekil 7.a) konum tespiti için kullanılan top **b)** Topu yuvarlayarak hareket ettirecek düzener

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada pozisyon takibi için ivme (acc) yerine açısal hız (gyro) bilgisi kullanılmıştır. Bunun için sensörden alınan anlık açısal hız bilgisi önce çizgisel hıza dönüştürülmüş sonrasında da konum hesabı yapılmıştır. Sensör koordinat sisteminden global koordinat sistemine dönüşüm işlemleri için kullanılan kuaterniyon vektörü birisi IMU sensöründen alınan değerler olmak üzere üç farklı şekilde elde edilmiştir. Diğer iki kuaterniyon değeri ise bir önceki bölümde izah edildiği şekilde Madgwick ve Mahony’nin önerdiği filtreler ile elde edilmiştir. Bu filtrelerde kuaterniyon hesabında gyro ile birlikte acc değerlerinin kullanılmasıyla gyro değerlerinin kullanımından kaynaklanan gyro sürüklenmesini (gyro drift) minimize edilmektedir. Her bir kuaterniyon değeri ile global koordinat sistemine dönüşüm yapıldıktan sonra elde edilen pozisyon bilgilerinin karşılaştırılması yapılarak, bu yöntemlerin başarımları ve kullanılabilirliği gözlemlenmiştir.

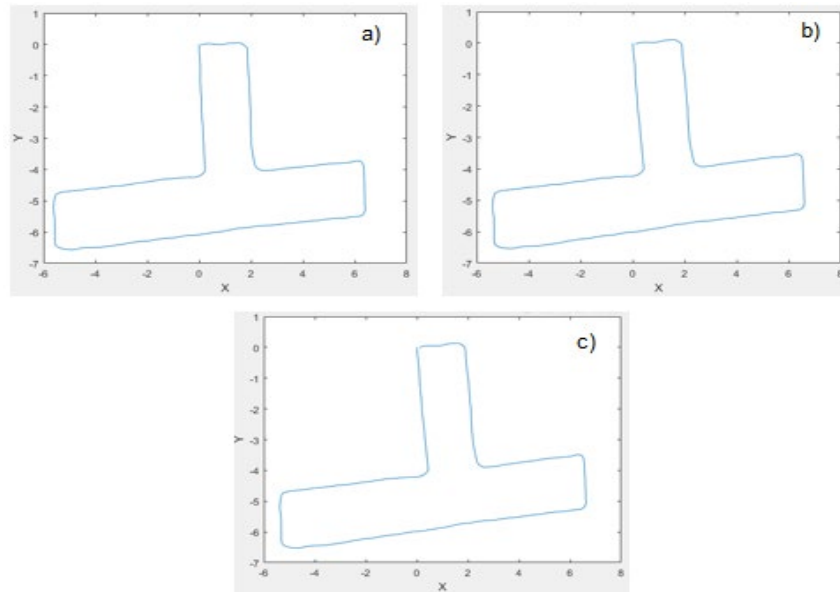
Sensörden alınan kuaterniyon verisi Kalman filtresi ile sensör üzerinde hesaplanarak üretilmektedir. Bu nedenle çalışma bu açıdan Madgwick ve Mahony filtreleri ile Kalman filtresi kıyaslaması olarak da değerlendirilebilmektedir.

Şekil.8’de verilerin alınmasından pozisyon çıkarımına kadar yapılan işlemlerin işlem şeması yer almaktadır.



Şekil 8. Pozisyon takibi sürecinin işlem şeması

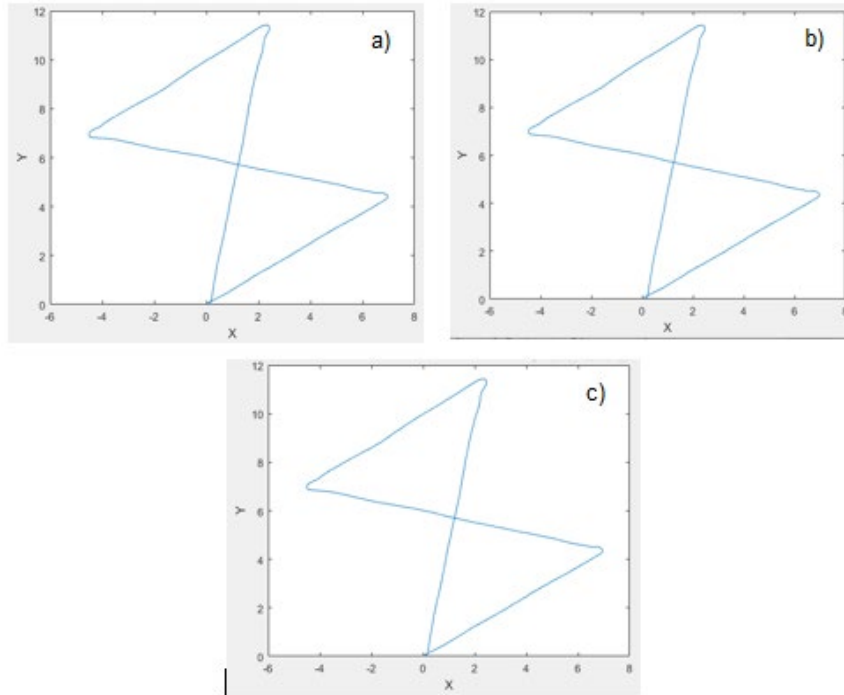
İşlem şemasından da görüldüğü üzere IMU sensöründen alınan anlık acc ve gyro verileri ile iki farklı şekilde kuaterniyon değeri hesaplanmıştır. Bu iki yöntem kullanılarak hesaplanan kuaterniyon değerleri ile yine sensörden alınan kuaterniyon değeri kullanılarak 3 farklı şekilde elde edilen global sistemdeki açısai hız bilgileri çizgisel hıza dönüştürülmüş sonrasında da her bir çizgisel hız değeri ile konum hesaplaması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Farklı yöntemlerle elde edilen kuaterniyon değerleri kullanılarak hesaplanan konum grafikleri (Deney 7) **a)** Xsens **b)** Madgwick **c)** Mahony

Deneyisel çalışma kapsamında başlangıç ve bitiş noktaları aynı olacak şekilde 14 farklı gezinme senaryosu gerçekleştirilmiştir. Şekil 9 a, b ve c'de bir gezinme senaryosu için üç farklı yöntemle elde edilen kuaterniyon değeri kullanılarak elde edilen konum bilgisinin grafikleri gösterilmiştir.

Bir diğer gezinme senaryosu sonucunda elde edilen grafikler Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Farklı yöntemlerle elde edilen kuaterniyon değerleri kullanılarak hesaplanan konum grafikleri (Deney 8) **a)** Xsens **b)** Madgwick **c)** Mahony

Her iki senaryo için gösterilen grafiklerden de görüldüğü gibi pozisyon değerleri birbirine yakın olarak hesaplanmıştır. Sonuçların daha net anlaşılabilmesi için her bir gezinme senaryosu için toplam uzunluk ile her bir kuaterniyon hesaplama yöntemi için metre ve yüzde cinsinden hata oranları çizelge haline getirilerek Çizelge 1’de gösterilmiştir. Hata oranlarının doğru hesaplanabilmesi için tüm gezinme senaryoları başlandığı noktada sonlandırılmış bu yüzden başlangıç ve bitiş arası mesafe 0’dır.

Kuaterniyon yöntemlerine göre elde edilen sonuçların metre ve yüzde cinsinden hata oranları çizelge 1’de belirtilmiş ve her bir deney için daha küçük hata değerine sahip olan yöntemler koyu renkte gösterilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde farklı gezinme senaryolarında farklı yöntemlerin daha başarılı olduğu görülmektedir. Ayrıca aynı uzunlukta ve aynı şekilde gezinme senaryosuna sahip olan Deney 7 ve Deney 12 sonucunda daha az hata oranına sahip olan yöntemler de farklı çıkmıştır. Sensörden alınan verilerin gürültülü olması ve bu gürültülerin de doğrusal olmaması sebebiyle bu durum beklenen bir sonuç olmuştur. Deneyler sonucunda gözlemlenen bir diğer sonuç; tüm gezime senaryolarından elde edilen hesaplamaların ortalamasında Mahony’nin kuaterniyon yönteminin daha başarılı olmasıdır. İkinci olarak ise Madgwick yöntemi gelmektedir. Deneyler sonucunda hesaplanan hata oranlarına bakıldığında, bazı deneylerde %1 üstünde sonuç alınmış olsa da genel olarak %1’in altında olduğu görülmüştür. Bu oranlar sızıntı tespit çalışmaları için kabul edilebilir bir orandır.

Literatürde IMU kullanan birçok çalışma mevcut olup bu çalışmalarda pozisyon hesabı için ivme (acc) değeri kullanılmıştır. [28] nolu çalışmada da gyro değeri ile pozisyon tahmini iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. 1 metrelik yuvarlanarak gezinme sonucunda yöntemlerin birisi ile 0.5 m (%50), diğer bir yöntem ile de 0.02 m (%2) hata ile pozisyon hesaplanmıştır. Bu sonuçlarla kıyaslandığında bu çalışmada elde edilen sonuçların çok daha uzun mesafede daha küçük hataya sahip olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak Mahony ve Madgwick yöntemleri ile elde edilen kuaterniyon değerlerinin sızıntı tespiti uygulamasında veya benzeri şekilde küresel cisimlerin hareketinde pozisyon kestirimi için kullanılabileceği görülmektedir.

Çizelge 1. Farklı gezinme senaryoları sonucunda elde edilen pozisyon bilgilerinin hata oranları

	Gerçek Değerler		Hata Değerleri (Gerçek – Tahmin)					
	Toplam Mesafe	Başlangıç-Bitiş Uzaklığı	Xsens (Kalman)		Madgwick		Mahony	
			(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
Deney1 (Dikdörtgen)	72	0	0.4190	0.5819	1.1146	1.1908	0.8240	0.8803
Deney2 (Dikdörtgen)	93	0	0.6873	0.7343	0.4465	0.4770	0.4917	0.5253
Deney3 (L şekli)	50.4	0	0.1427	0.2832	0.2998	0.5949	0.1992	0.3952
Deney4 (üçgen)	20.28	0	0.0656	0.3232	0.0417	0.2057	0.0470	0.2320
Deney5 (E şekli)	45.6	0	0.2568	0.5632	0.3119	0.6840	0.3834	0.8408
Deney6 (T şekli)	15.6	0	0.2524	1.6179	0.2235	1.4328	0.2239	1.4353
Deney7 (T şekli)	36	0	0.0691	0.4431	0.1017	0.6516	0.1649	1.0571
Deney8 (Üçgenler)	56.4	0	0.1589	0.2818	0.1561	0.2767	0.1656	0.2936
Deney9 (U şekli)	58.8	0	0.8567	1.4060	0.2678	0.4043	0.2169	0.3178
Deney10 (F şekli)	40.8	0	0.7686	1.8839	0.5155	1.2636	0.3486	0.8544
Deney11 (A şekli)	46.8	0	0.3439	0.7349	0.4932	1.0538	0.4197	0.8969
Deney12 (T şekli)	36	0	0.4733	4.0117	0.3930	1.0916	0.5268	1.4633
Deney13 (H şekli)	55.2	0	1.2172	2.2051	0.9580	1.7356	0.9078	1.6445
Deney14 (Kare)	48	0	0.6895	1.4365	0.1895	0.3949	0.3475	0.7240
Ortalama	48.206	0	0.457	0.948	0.394	0.817	0.376	0.78

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada iletim boru hattı içerisinde sızıntı tespiti için kullanılacak bir akıllı top önerisi sunulmaktadır. Bu topun boru içerisindeki hareketi dış ortamda taklit edilmiştir. Pozisyon takibini gerçekleştirebilmek amacıyla yapılan topun içerisinde anlık ivme, açısal hız ve kuaterniyon bilgilerini almak için Xsens Mtw2 IMU sensörü kullanılmıştır. Bu sensörün kullanılma amacı, sensörün Kalman filtresi ile kuaterniyon hesaplamasındaki doğruluk oranının çok yüksek olması ve yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bilgilerin kıyaslanabilecek bir dayanak noktası olarak kullanılabilir olmasıdır. Çalışmada sensörden alınan açısal hız ve anlık ivme verileri kullanılarak Madgwick ve Mahony'nin önermiş oldukları yöntemlere göre kuaterniyon değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler ve sensörden alınan kuaterniyon değeri ile ayrı ayrı global koordinat sistemine dönüşüm yapılmış sonrasında da topun gezindiği süreç için pozisyon çıkarımı yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda hata oranları çizelge 1'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre pozisyon çıkarımında %1'in altında bir hata oranı elde edilmiştir. Bu oran sızıntı tespiti için kabul edilebilir bir orandır. Ayrıca her iki yöntemin başarı oranı sensörden alınan kuaterniyon değerine göre daha yüksektir. Bu sonuçlar, Madgwick ve Mahony'nin yöntemlerinin sızıntı tespitinde veya benzer şekilde hareket eden küresel cisimlerin pozisyon çıkarımı için kullanılabilir yöntemler olduğunu göstermiştir.

Çalışmayı önemli kılan bir nokta da literatürde açılmal hız (gyro) değeri ile pozisyon kestirimi yapan çalışmaların azınlıkta olmasıdır. Gerçekleştirilen çalışma bu konuda literature katkı sağlamaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Hooda SM. Rajasthan Water Assessment: Potential for Private Sector Interventions, International Finance Corporation, World Bank, New Delhi, 2017.
- [2] Pilcher, R. Leak location and repair guidance notes and the never ending war against leakage, Proc. Water Loss 2, 2007.
- [3] Lowry WE., Dunn SD, Walsh R, Merewether D, Rao DV. Method and system to locate leaks in subsurface containment structures using tracer gases, US Patent 6035701A, March 2000.
- [4] Hunaidi O, Wang A, Bracken M, Gambino T, Fricke C, Detecting leaks in water distribution pipes, Arab Water World 2005; 29:4 52–55
- [5] Mishra A, Leakage detection using fiber optics distributed temperature sensing. 6th Pipeline Technology Conference 2011.
- [6] Demirci S, Yigit E, Eskidemir IH, Ozdemir C. Ground penetrating radar imaging of water leaks from buried pipes based on back-projection method NDT and E Int. 2012; 47 35–42.
- [7] Akkaya AE, Talu MF. Su boru hatlarında sızıntı konum tespiti için genişletilmiş kalman filtresi tabanlı IMU sensör füzyonu uygulaması. Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University 2017; 32(4): 1393-1404
- [8] Begovich O, Pizano-Moreno A, Garcia-Malacara E, Besancon G. How can the temperature affect the performance of a classical pipeline model when plastic pipes are used?. 2011 8th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control 2011; 1-6.
- [9] Ghazali MF. Leak detection using instantaneous frequency analysis PhD Thesis, University of Sheffield 2012.
- [10] Whaley RS, Reet JV, Nicholas RE, A tutorial on computer based leak detection methods, PSIG Annual Meeting 1992.
- [11] Zhang L, Wu Y, Guo L, Cai P, Design and implementation of leak acoustic signal correlator for water pipelines, Information Technology Journal, 2013; 12:11: 2195–2200.
- [12] Kousiopoulos GP, Papastavrou GN, Karagiorgos N, Nikolaidis S, Efstathiadis T, Kalfas A. Pip[eline Leak Localization Techniques. 2019 Panhellenic Conference on Electronics & Telecommunications (PACET) 2019; 1-4.
- [13] Srirangarajan S, Allen M, Preis A, Iqbal M, Lim HB, Whittle AJ. Wavelet-based burst event detection and localization in water distribution systems. Journal of Signal Processing Systems, 2013; 72(1): 1-16.
- [14] Tang X, Liu Y, Zheng L, Ma C, Wang H. Leak detection of water pipeline using wavelet transform method. 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology 2009; 2; 217-220
- [15] Kousiopoulos GP, Papastavrou GN, Karagiorgos N, Nikolaidis S, Efstathiadis T, Kalfas A. Pip[eline Leak Localization Techniques. 2019 Panhellenic Conference on Electronics & Telecommunications (PACET) 2019; 1-4.
- [16] Zhonghu L, Meili G, Wentao L, Luling W. Research of adaptive algorithm in water supply pipeline leak location. In 2017 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC) 2017; 1-5.
- [17] El-Abbasy MS, Mosleh F, Senouci A, Zayed T, Al-Derham H. Locating leaks in water mains using noise loggers. Journal of Infrastructure Systems 2016; 22(3).

- [18] Abdulla MB, Herzallah RO, Hammad MA. Pipeline leak detection using artificial neural network: Experimental study. In 2013 5th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC) 2013; 328-332.
- [19] Guibin T, Shimin Z, Xiaoxiao Z, Liyun S, Qingbao Z. Research on Bypass-valve and its Resistance Characteristic of Speed Regulating PIG in Gas Pipeline, 2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2011; 2:1114–1117.
- [20] Chastain-Howley A. Transmission main leakage: how to reduce the risk of a catastrophic failure. Leakage 2005; 12-14.
- [21] Mergelas B, Henrich G. Leak locating method for precommissioned transmission pipelines: North American case studies. Leakage, 2005; 12-14
- [22] <https://puretechltd.com/technology/smartball-leak-detection/> (Erişim: 2022)
- [23] Thong YK, Woolfson MS, Crowe JA, Hayes-Gill BR and Jones DA. Numerical double integration of acceleration measurements in noise. Measurement, 36(1):73–92, 2004
- [24] Altmann S. L., Rotations, Quaternions, and Double Groups, Mineola, NY: Dover Publications, (2005)
- [25] Mahony R, Hamel T, Pflimlin JM. Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group. IEEE Transactions on automatic control 2008; 53(5): 1203-1218.
- [26] Madgwick SO, Harrison AJ, Vaidyanathan R. Estimation of IMU and MARG orientation using a gradient descent algorithm. In 2011 IEEE international conference on rehabilitation robotics 2011; 1-7
- [27] Zevering J, BredenbeckA, Arzberger F, Borrmann D, and Nuechter A. IMU-based pose-estimation for spherical robots with limited resources. In 2021 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI) 2021; 1-8.

SKIN LESION SEGMENTATION USING K-MEANS CLUSTERING WITH REMOVAL UNWANTED REGIONS

Nechirvan Asaad Zebari¹, Mehmet Emin TENKECİ^{2*}

^{1,2} Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, 63100, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 03.05.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 16.12.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1112260

ABSTRACT

The segmentation of skin lesions is crucial to the early and accurate identification of skin cancer by computerized systems. It is difficult to automatically divide skin lesions in dermoscopic images because of challenges such as hairs, gel bubbles, ruler marks, fuzzy boundaries, and low contrast. We proposed an effective method based on K-means and a trainable machine learning system to segment regions of interest (ROI) in skin cancer images. The proposed method was implemented in several stages, including grayscale image conversion, contrast image enhancement, artifact removal with noise reduction, skin lesion segmentation from image using K-means clustering, and ROI segmentation from unwanted objects using a trainable machine learning system. The proposed model has been evaluated using the ISIC 2017 publicly available dataset. The proposed method obtained a 90.09 accuracy rate, outperforming several methods in the literature.

Keywords: Skin Cancer, Computer Aided Detection, Segmentation, Machine learning, K-means Clustering

İSTENMEYEN BÖLGELERİN ÇIKARILMASI İLE K-ORTALAMA KÜMELEME YÖNTEMİ KULLANILARAK CİLT LEZYONU SEGMENTASYONU

ÖZET

Deri lezyonlarının bölütleme, bilgisayarlı sistemler tarafından cilt kanserinin erken ve doğru tanımlanması için çok önemlidir. Kıllar, jel kabarcıkları, cetvel işaretleri, bulanık sınırlar ve düşük kontrast gibi zorluklar nedeniyle dermoskopik görüntülerde cilt lezyonlarını otomatik olarak bölütleme zordur. Cilt kanseri görüntülerinde ilgilenilen bölgenin (ROI) bölütleme için K-ortalama kümeleme ve eğitilebilir makine öğrenme sistemine dayalı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem, gri tonlamalı görüntüye dönüştürme, kontrast görüntü iyileştirme, gürültü azaltma ile artefaktların ortadan kaldırılması, K-ortalama kümeleme kullanılarak görüntüden cilt lezyonunun bölütlenmesi, eğitilebilir bir makine öğrenimi sistemine dayalı olarak istenmeyen nesnelere ROI'nin ayrıştırılması gibi çeşitli aşamalara dayalı olarak uygulanmıştır. Önerilen model, ISIC 2017 kamuya açık veri seti kullanılarak değerlendirilmiştir. Önerilen yöntem, literatürdeki çeşitli yöntemlerden daha iyi performans göstererek 90.09 doğruluk elde etti.

Anahtar Kelimeler: Cilt Kanseri, Bilgisayar Yardımlı Tespit, Bölütleme, K-ortalama Kümeleme

1. Introduction

Skin cancer comprises one-third of all cancer forms, according to the World Health Organization (WHO) [1]. Cases of skin cancer are increasing as well as mortality rates are on the rise every year. Every year, roughly 3 million people are diagnosed with non-melanoma skin cancer and 132,000 people are diagnosed with melanoma skin cancer. The WHO estimates that 9,500 individuals in the United States are diagnosed with skin cancer each day, and two individuals die from the disease every hour [2].

e-posta¹ : nechirvan720@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5944-4704>

* e-posta² : etenekeci@harran.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5944-4704> (Sorumlu Yazar)

Treatment for these conditions costs, on average, USD 3.3 and USD 4.8 per year. Invasive melanoma categories have grown by 47% in the last 10 years, according to statistics [3,4]. There are around 100,000 diagnoses of melanomas detected each year in Europe. In contrast, 15,229 new instances of melanoma are diagnosed each year in Australia. As recent statistics have shown, skin cancer incidence has already been rising steadily since the year 1990. Sun exposure and the use of solariums and tanning beds have both increased in recent years, which may describe the existing trend [5].

A timely diagnosis of melanoma is critical to the patient's prognosis. The five-year average life expectancy for melanoma is 92% if detected early. Nevertheless, the greatest issue in identifying melanoma is the apparent similarity between benign and malignant skin lesions. As a result, even a highly qualified professional may have difficulty identifying melanoma. Identifying the type of lesion with the human eye is quite difficult [6]. As a result, a variety of imaging techniques have been employed over the years, including dermoscopy. Using light magnification equipment and immersion fluid, dermoscopy is a non-invasive imaging technique that allows us to see the outer layer of skin. Using this imaging technology, dermatologists are able to detect 50% more malignant cases than they could with previous imaging methods. There may be a problem with relying solely on the human eye to detect melanoma in dermoscopic images if the dermatologist's expertise varies from person to person. An untrained specialist can diagnose melanoma from dermoscopic pictures with an accuracy of 75% to 84% [3, 7]. The use of Computer Aided Diagnosis (CAD) tools is required to help experts diagnose melanoma and overcome the challenges they face. Preprocessing, segmentation, feature extraction, and classification are the four phases in CAD methods for detecting a lesion as melanoma. Lesion segmentation is a critical phase in CAD systems for correctly diagnosing melanoma. In dermoscopic images, skin lesions vary widely in color, texture, and size, making it difficult to divide them. Furthermore, the image's poor contrast inhibits nearby tissues from differentiating. The segmentation of lesions is further complicated by the presence of supplementary elements including blood vessels and color illimitation such as air bubbles, hair, and black [8].

Skin lesion identification was carried out by a CAD system employing a segmentation approach and a classification of skin lesion types. In the first stage, the position of the tumor is determined either by using the traditional segmentation method or a deep learning method. The excised tumor, on the other hand, must be categorized as nevi, benign, or malignant in the second stage. Nevertheless, both activities are difficult because of the following factors: (i) Tumors have low contrast, making it difficult for the segmentation method to correctly identify them; and (ii) despite their similar appearance, there appear to be visual distinctions among intra-type skin lesions. In an attempt to tackle these problems, numerous strategies have been presented [9,10], but none have been able to attain considerable accuracy.

Since it influences the precision of the future steps, the segmentation stage is one of the most crucial. Nevertheless, segmentation is challenging because of the wide range of lesion sizes, colors, and forms, as well as various skin types and textures. Additionally, many lesions possess uneven borders, whereas in other instances, the border between the lesion and the skin is smooth. The presence of dark hair concealing the lesions and the appearance of specular reflections present further challenges. In this work we apply and evaluate two segmentation techniques including thresholding and K-means. Based on the results it is shown that K-means has better ability to segment skin cancer. Thus, this work build a model to segment skin cancer in different stages: pre-processing, initial segmentation, and post-segmentation. Pre-processing has been applied using different methods to improve the quality of image that can help to make an accurate segmentation. Pre-processing followed by initial segmentation that has been done based on K-means method. The output of K-means shown that it still suffer from segmentation problem which motivated us to improve the model by applying post-segmentation method to remove small unwanted objects. These model is evaluated using dermoscopic images and compared with the expected lesion segmentation (ground truth).

In general, the contribution of this study to the literature is that, unlike other studies in the literature, the bottom-hot filter is used as a pre-process before segmentation. In addition to this, in order to eliminate the errors in the result obtained with the K-Means algorithm, unwanted objects are removed as post processing operation.

In the rest of the article; In the second part, similar studies are summarized, in the third part, the proposed pre-processing method is explained, the proposed segmentation algorithm is explained and the results obtained are discussed in the next parts.

2. Related Work

The identification of melanoma relies heavily on the appearance of lesions and the details present inside them. In order to obtain these features, the skin tumor must be properly segmented from the surrounding tissue. In order to make a reliable and accurate diagnosis, it is critical to separate the tumor from the surrounding healthy tissue and extract more relevant aspects of the tumor. Tumors can be automatically or semi-automatically segmented using a variety of segmentation techniques. Skin lesion identification was made easier with the help of a new method given by Khan et al. [11]. The lesion region is segmented using normal and uniform distributions. These segmented images will have their features retrieved and will then be fused with one another in parallel, utilizing a fusion approach. The entropy-based method is used in combination with the Bhattacharyya distance and variance formulation for feature selection. An accuracy of 93.2%, 97.75%, and 97.50% is achieved using the introduced method on three publically available datasets, including the combined ISBI 2016 and ISBI 2017, ISIC, and PH2.

This study by Ali et al. [12] presents a Fuzzy C-Means (FCM)-based method for the detection of melanoma. There are three steps to the methods: preprocessing (contrast stretching), main processing (FCM), and post-processing (morphological erosion). The contrast stretching stage aims to increase the dynamic range of the source images by stretching the source image's pixel intensity range. After that, the FCM method splits the contrast-stretching data into two clusters: lesions and skin. It does this automatically. Finally, the segmented image is eroded morphologically, with the structural element being transferred over each pixel of the object to overcome usual abnormalities between lesion and skin (e.g., irregular boundaries, dark hair covering the lesions, specular reflections, among others). Semi-supervised skin tumor segmentation is described by Jaisakthi et al. [13]. Segmentation makes use of grab-cut and K-means clustering together. After the melanoma has been segmented using graph cuts, the final step is to fine-tune the lesion's boundaries. Prior to feeding the input images to the pixel classifier, preprocessing procedures including image normalization and noise removal strategies are performed. In order to segment tumors, Mohanad Aljanabi et al. [14] developed an artificial bee colony (ABC) technique. There are fewer parameters in the model because it is built on top of a swarm-based approach that starts with preprocessing digital images before determining the best threshold value for melanoma to use when segmenting the lesion, similar to Otsu thresholding. Three stages were taken in this study to identify the melanoma in the dermoscopy images. The colored dermoscopy image's red channel was chosen for preprocessing. To smooth the data, morphological filtering based on the Gaussian kernel and a 2D median filter with a size of 20 by 20 were used. The ABC algorithm was then utilized to determine the ideal threshold value for the segmentation of melanoma in the following step. Finally, the predicted optimal threshold value was applied for the segmentation of melanoma using the Otsu method's thresholding technique. This algorithm has high specificity and the Jaccard Index.

3. Proposed Method

In this section, we presented details of the proposed segmentation method as well as presented and discussed the results of the proposed method. Before the segmentation stage, this method applies some preprocessing techniques to improve the quality of the image.

First, the RGB image has been converted to a grayscale image; then, histogram equalization and median filter are performed to improve the contrast of the image and reduce the existing noise in the image, respectively. Morphological bottom-hat filtering has been employed to remove hair. Then the Region of Interest (ROI) has been extracted from the image based on using the K-means clustering method. The proposed method has been trained and tested on the ISIC 2017 datasets. Throughout training, the introduced method predicts the segmentation mask and its corresponding edge from a

source image of a skin lesion concurrently. Only the segmentation mask can be utilized for prediction during the testing stage. Initially, datasets and subsequent findings are discussed and presented. At the outset, it is important to mention that we proposed a method that outperformed other similar methods. Figure 1 depicts a schematic representation of the proposed method.

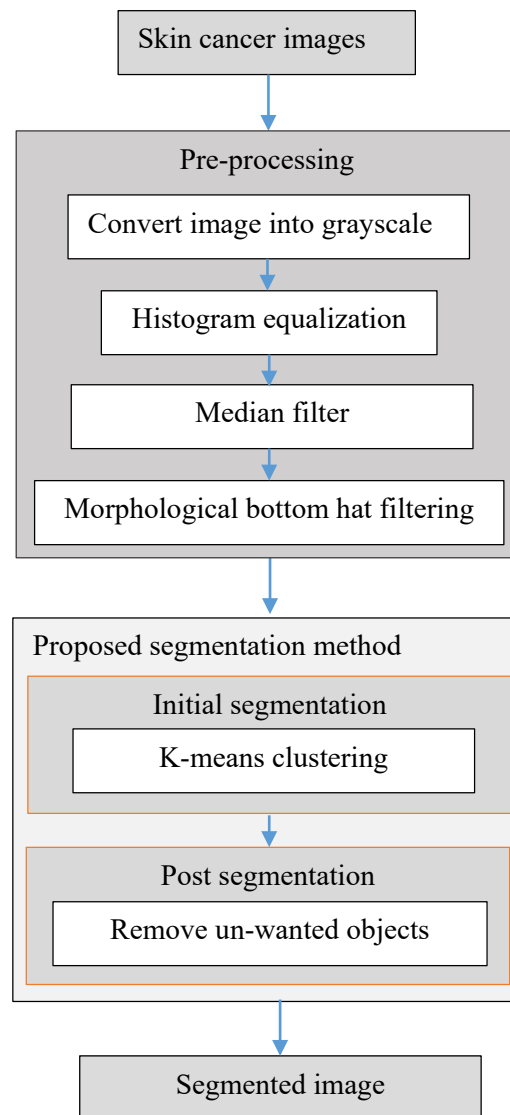


Figure 1. General Framework of the Proposed Segmentation Method

3.1. Dataset

An extensive collection of, in total, 2750 samples of ISIC 2017 dermoscopy images is included in this dataset [4]. Each image is divided into three groups: A total of 2000 images are used to train the algorithm, 150 to validate it, and 600 to put it to the test. Also obtainable are the dataset's ground truth samples, which are being utilized to verify the segmentation technique. The segmentation method has been validated with a few examples of images. Figure 2 displays a few examples of these types of images. Seborrheic keratosis (254), melanomas (374), and nevi (1372) were the three classifications used for the classification task.

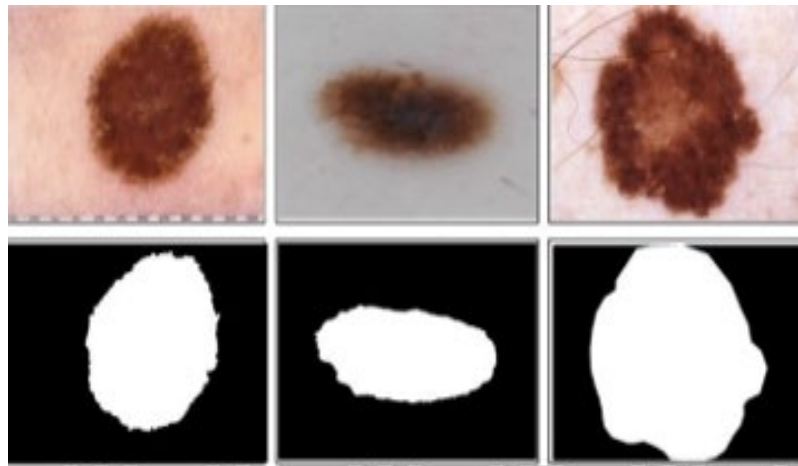


Figure 2. Original ISIC 2017 Sample Images

3.2. Preprocessing Operations

In dermoscope images, hair, gel, and air bubbles can be visible. As a result, image enhancement approaches such as image resizing, grayscale conversion, contrast enhancement, hair removal, and noise removal are used to prepare the dermoscope images for further processing. The practice of resizing images before feeding them to the neural network is sound. That saves computational power and takes care of memory constraints by allowing the model to convolve faster. It is necessary to downsample to 256×256 resolution of dermoscopic images and their corresponding ground truths to achieve uniformity across individuals.

Grayscale images are created by converting the original color image to black-and-white. Luminance values of 8 bits are used to indicate a grayscale image. The RGB (24-bit) values of a color image are converted to grayscale values to create a grayscale image (8 bits). Image transformation to grayscale is followed by image reversal and comparison with the reverted image and the grayscale image in order to determine cancer symmetry. Figure 3 shows converting an image from RGB to grayscale.

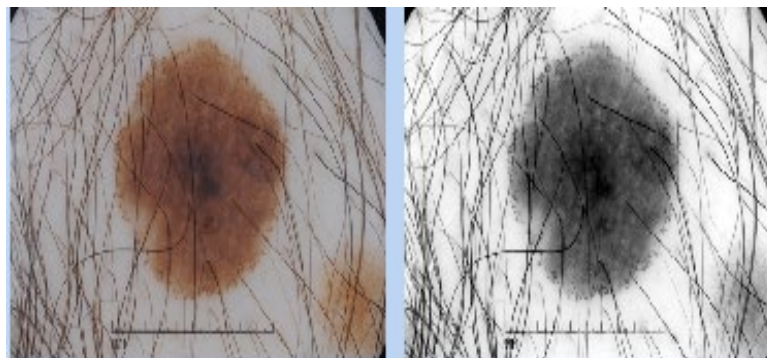


Figure 3. A Sample of RGB and grayscale image

Increasing the contrast in an image is a technique for bringing out the details. The range of intensity of the image is changed to increase contrast for better quality through contrast manipulations. Contrast stretching, also known as normalization, enlarges the dynamic range of the output image by stretching the range of pixel intensities in the source images. The top and bottom image pixel restrictions on which an image should be normalized, before we can perform stretching. For an 8-bit image, the top and bottom bounds of the pixel quantization range are 255 and 0, respectively. Context stretch begins by scanning an image for the maximum and minimum pixel values currently present. The image pixel range is stretched using the following formula:

$$I_{output}(i, j) = (I_{output}(i, j) - c) \left(\frac{b-a}{d-c} \right) + a \quad (1)$$

I_{output} is the image after pre-processing, then it is fed to the next step.

Most of the time, during the photographic process (particularly in medical imaging), various noises are generated as a result of oscillations, and unwanted alterations are shown in the recorded signals as a result of this. Noise is a severe concern in image processing activities, and it can cause serious problems. This phenomenon has a negative impact on image processing, namely on image edge recognition, and should be avoided. Given the requirement for edge detection distinction, it enhances the impact of high-frequency pixels, in particular noise, on the edge identification process [15]. The employment of a median filter is a straightforward method of alleviating this difficulty. This technique is critical for removing the noise that has been produced in the medical images that have been input. The primary benefit of median filtering is that it removes noise while retaining edges at the same time. This filter is a nonlinear low pass filter, which means that it requires extra processing time to complete the filtering operation. When using median filtering, an $m \times n$ neighborhood is taken into account. Finally, the center element of the sorted numbers is selected and replaced with the center pixel. This process is repeated until all of the neighborhoods have been organized in ascending order. The median filter is an effective filter for removing salt and pepper. A 3×3 mask has been used in this paper to filter the input images in a moderately effective manner. While raising the mask size reduces image noise, it sacrifices some critical edges in the process. Table 1 gives the results of some samples-based median filters. This strategy is modeled by the following equation:

$$y_{(m,n)} = \text{median}\{x_{(i,j)}, (i, j) \in C\} \quad (2)$$

Centered neighborhood around position (m, n) of the image is represented by C .

Table 1. Median Filter Results for Some Samples

Samples	PSNR
Sample 1	29.14
Sample 2	31.33
Sample 3	31.71
Sample 4	32.26
Sample 5	28.79

In image processing, morphological filtering is a nonlinear process that is associated with the morphological properties of the image being processed. When working with binary images, it is useful for both removing and recovering the undesirable portions of the image that are segmented as foreground or background in a binary image. An operation on a binary image called a morphological operation introduces a new binary image where the pixel has a value that is not zero. Erosion, dilation, opening, and closing are just a few of the fundamental morphological operations. The bottom-hat transformation is a morphological algorithm that is used in many applications. These transformations are employed in the removal of items from an image by employing a structural element in the opening operation and do not fit the objects to be removed in the closing operation when utilized in the opening operation. There are various sorts of morphological algorithms to choose from. The bottom hat filtering technique is applied to this input image. The top-hat filtering technique is used only for light things on a dark backdrop, and the bottom-hat filtering technique is used only for dark objects on a light background in a photograph. Using bottom-hat filtering, you may take an input image and remove it from the result by morphologically closing on the same input image.

Any color space of the filtered image is subjected to a morphological bottom-hat filtering operation. The structural element is then obtained as a result of this. It improves the contrast between normal skin and hair in dermoscopy images by enhancing the contrast between normal skin and hair. The transformation of the image to a binary image is then carried out, with a threshold of 5% being used. To achieve NewImage, we conduct element-wise multiplication of each multiplied array of binarized hair and in each color space of RGB, respectively, and then divide the result by the number of elements in the array. Additionally, we convert the output image NewImage into a binary image using a 2% threshold for the binary image.

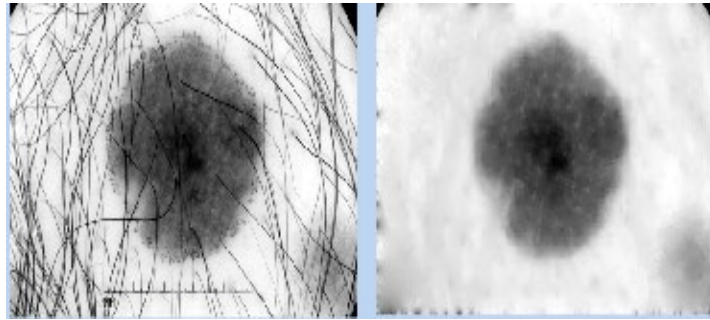


Figure 4. Obtained Image After Hair Removal Process

4. Proposed Segmentation Method

The main purpose and contribution of this work is to build a fully automatic trainable method based on K-means and a machine learning system, where this method is able to segment Regions of Interest (ROI) from skin cancer images accurately. because ROI extraction from dermoscopic skin cancer images is still considered a difficult task. Thus, this work proposes a segmentation method based on two main stages called initial segmentation and post-segmentation. In the first step, we used the K-means method to extract the region of interest from the image.

One of the most common segmentation techniques that is utilized in the literature is called K-means clustering. This technique is considered an unsupervised clustering method in machine learning. It is utilized to cluster and differentiate data into different groups. Because an image consists of different regions such as a Region of Interest (ROI), background, and artefacts, K-means can be utilized in a segmentation task to isolate wanted regions from unwanted regions. The K value should be determined in the K-means technique, where this value represents the group number or image regions that could be divided. The K-means technique can work based on two main steps. The first one is to calculate the mean of all group numbers or clusters. Second, calculate the distance of each point from each group or cluster by calculating its distance from the corresponding cluster mean. Each point in the image is determined by the nearest cluster of them. K-means runs through the two processes until the sum of squared points inside each group reaches a user-defined minimal error threshold. To cluster randomly, the initial points must be defined. During iteration, the k-means technique tries to minimize the sum across all groups and the sum of squared errors inside each group, as well as changing the center of each group dynamically during run time.

The image which has been obtained from the previous stage (pre-processed image) is subjected to the K-means clustering algorithm for segmenting ROI in skin cancer. K-means is considered one of the most popular for color-based image segmentation. Each pixel in the image is first assigned to a cluster with the goal of minimizing the cluster sum of squares, and then cluster pixels are updated using the new mean for each cluster.

The pixel assignment to a special cluster is performed based on using Equation (3).

$$S_i^{(t)} = \left\{ x_p : \left\| x_p - m_i^{(t)} \right\|^2 \leq \left\| x_p - m_j^{(t)} \right\|^2 \quad \forall j, 1 \leq j \leq k \right\} \quad (3)$$

Where, $s^{(t)}$ represents cluster, x_p is observation, $m_i^{(t)}$ and $m_j^{(t)}$ are indicate initial means. Based on the utilizing a new mean the cluster has been updated by the Equation (4).

$$m_i^{(t+1)} = \frac{1}{|s_i^{(t)}|} \sum_{x_j \in s_i^{(t)}} x_j \quad (4)$$

Where, $s^{(t)}$ represents cluster, x_j is observation, $m_i^{(t+1)}$ indicates updated mean.

In this study, we have determined the cluster number as two. This is because this work tries to segment and differentiate the image into wanted and non-wanted regions. The output of the results of K-means in an image that has pixels classified into various clusters.

The output of the initial segmentation was ROI with some unwanted objects. Deleting these unwanted objects was still challenging. A machine-learning-based trainable model was established to solve this issue. The goal of this work was to develop a method for obtaining the ROI from an image. In this section, the Gabor feature was employed in the proposed method to extract ROI from the image background and unwanted objects. Several images are selected as training samples for the proposed approach. Samples taken from both within and outside the ROI were utilized to select different blocks. The ROI and non-ROI classes were identified in these blocks. The Gabor feature was extracted from these regions. A Gabor function can be utilized for edge detection in image processing. The two-dimensional Gabor filter is capable of achieving the best localization in both the spatial and frequency domains, making it well suited to express the local structure data of an image that corresponds to the spatial size, spatial position, and direction selectivity. A Gabor filter is frequently used to represent and describe texture aspects because its frequency and direction representations are similar to those of the human visual system. The two-dimensional Gabor kernel form that we select is as follows:

$$\psi_{u,v}(Z) = \frac{\|k_{u,v}\|^2}{\sigma^2} e - \left(\frac{\|k_{u,v}\|^2 \|x\|^2}{2\sigma^2} \right) \left[e^{ik_{u,v}^2} - e^{-\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)} \right] \quad (5)$$

Finally, the obtained features were fed into a Support Vector Machine (SVM) classifier. Similar to a neural network, the SVM is a mathematical computing unit that builds hyperplanes to define the categorization decision border. SVM configurations are primarily motivated by the desire to maximize separation between categorized labels. Binary classification is applicable to SVM. The original SVM was designed for linear classification, but a kernel function was used to produce a non-linear classification. Kernel functions convert low-dimensional data into high-dimensional spaces that allow for linear data separation. The supervised learning model is used to train SVM, which is developed from statistical learning. Solving a quadratic equation with linear constraints is translated into a quadratic programming issue [18].

5. Experimental Results

At the outset of this section, we provide details of the implementation of our strategy. The dataset and performance measures utilized for evaluation were then discussed. To demonstrate the significance of each parameter and module, the work conducts experiments involving parameter setting and ablation study. Eventually, the method's effectiveness is assessed and compared to other available options. The International Skin Imaging Collaboration (ISIC) 2017 served as a testing ground for our skin imaging model. We used the ISIC 2017 training set of skin lesion images to develop our method. Only the segmentation mask is required for evaluating the proposed method's efficiency during the testing stage. Data from ISIC 2017 was used for model validation and testing, respectively. Figure 5 shows some examples of the proposed model's segmentation results. The proposed model's performance could be

compared to the available ground truth. All images were preprocessed before being fed into the segmentation model.

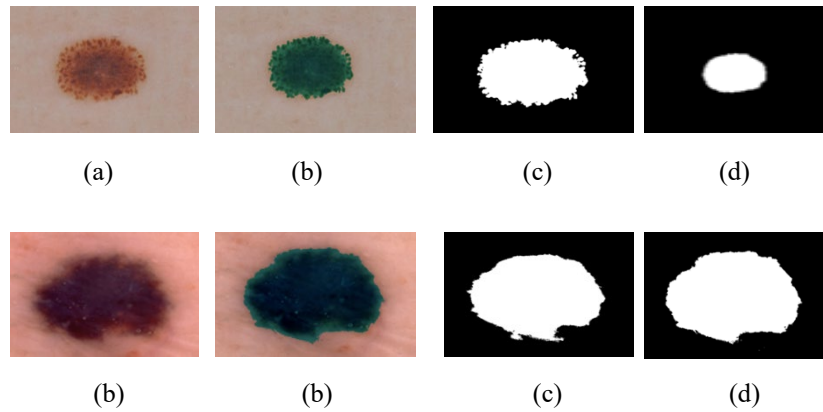


Figure 4. Segmentation Results based Proposed Method, (a) Original image (b) Masking Image (c) Segmented Image (d) Ground truth

Sensitivity, specificity, and accuracy were utilized as performance measures to assess our proposed model. The percentage of properly segmented pixels in the tumor region is represented by sensitivity, while the percentage of properly segmented non-tumor regions is shown by specificity. Finally, the accuracy metric shows how well the segmentation algorithm performed pixel by pixel. To check the matched and unmatched pixels in both the automatic segmentation method and ground truth, the Jaccard similarity coefficient has been used, which compares the pixel's similarity between both images. In contrast, the Dice similarity coefficient computes the similarity between both ground truth image and segmented image based on the proposed method [16, 17]. The following equations are used to evaluate all of the previously stated evaluation measures:

$$Accuracy(Ac) = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (6)$$

$$Sensitivity(Sn) = \frac{TP}{TP+FN} \quad (7)$$

$$Specificity(Sp) = \frac{TN}{TN+FP} \quad (8)$$

$$Jaccard(JD) = \frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|} \quad (9)$$

$$Dice = \frac{2TP}{FP+2TP+FN} \quad (10)$$

True positives, false positives, false negatives, and true negatives are represented by the letters TP, FP, FN, and TN, respectively. Images with properly segmented lesion pixels are classified as TPs; alternatively, they are classified as FNs. When a non-lesion pixel's estimation is non-lesion, it is regarded as a TN. Otherwise, it is a false positive. In Equation (8), X represents the number of pixels in ground truth and Y represents the number of pixels in the segmented image. The performance evaluation of the proposed method for skin cancer segmentation has been presented in Table 2 using the machine learning field. Here, the K-means clustering algorithm is introduced after the preprocessing stage. To remove unwanted objects, this study presents model-based machine learning, which shows improved results than K-means clustering. The performance evaluation of the proposed method has been calculated based on using three different metrics. Here we have used 215 images for testing data. The segmentation performance of the proposed method based on the ISIC 2017 dataset was obtained with 90.09 % accuracy. The proposed method failed in segmentation on 215 images, whereas 198 images were segmented correctly. As it is shown in Table 2, the proposed method obtained an 89.33% sensitivity rate and a 91.04% specificity rate.

The classification of skin lesions as melanoma relies heavily on the ability of CAD systems to automatically segment the lesions. Particularly in the case of traditional methods, which necessitate the use of an effective segmentation method. This research did not use any data augmentation strategies. Here, 2000 images were used to train the proposed model. It was found that the proposed method performed better than k-means and thresholding segmentation models. High spatial resolution images can be used to segment skin lesions in the proposed method. The segmented region of the lesion thus yields more detailed characteristics, which improves classification accuracy. Table 2 shows a comparison of the proposed method's robustness with that of current approaches. This table compares our method's performance with other traditional techniques, including K-means and the thresholding method. Based on the results that have been presented in Table 2, our proposed method has improved k-means after removing unwanted objects. It is shown that our proposed model is more robust than K-means and thresholding.

Table 2. The comparison of the proposed method with previous studies.

Method	Ac	Sn	Sp	JD	Dice
K-means	83.12	85.83	87.41	81.22	86.03
Thresholding	81.02	79.65	82.75	80.07	83.8
Proposed Method	90.09	89.33	91.04	85.71	91.12

6. Conclusion

This study proposed an effective and reliable method for skin lesion segmentation. The proposed method was able to overcome several challenges where there were no issues with the system's ability to handle skin lesion borders that were both irregular and fuzzy. In the preprocessing stage, we have used histogram equalization, median filter, and morphological bottom hat filtering to enhance the contrast of the image, noise reduction, and hair removal. The proposed segmentation method has been performed in two stages. In the initial stage, we used the K-means method to extract skin lesions from the background. Then, to obtain an accurate ROI and remove unwanted objects, we have built a machine learning system based on Gabor feature and SVM classifier. Accuracy was significant when the proposed model was evaluated on a publicly available dataset. Metrics like sensitivity and specificity showed that the new system outperformed when compared to the current state-of-the-art methods.

In future studies, the classification of the types of skin lesions obtained as a result of this study will be carried out. This study will play an important role in increasing the classification success.

Conflict Of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest

References

- [1] Barata, C.; Celebi, M.E.; Marques, J.S. Explainable skin lesion diagnosis using taxonomies. *Pattern Recognit.* 2021, 110, 107413.
- [2] Liu, L.; Tsui, Y.Y.; Mandal, M. Skin lesion segmentation using deep learning with auxiliary task. *J. Imaging* 2021, 7, 67.
- [3] Mohapatra, S.; Abhishek, N.V.S.; Bardhan, D.; Ghosh, A.A.; Mohanty, S. Skin cancer classification using convolution neural networks. In *Lecture Notes in Networks and Systems*; Springer: Singapore, 2020; pp. 433–442.

- [4] Khan, M. A., Sharif, M., Akram, T., Damaševičius, R., & Maskeliūnas, R. (2021). Skin lesion segmentation and multiclass classification using deep learning features and improved moth flame optimization. *Diagnostics*, 11(5), 811.
- [5] Siegel, R.L.; Miller, K.D.; Jemal, A. Cancer statistics, 2019. *CA Cancer J. Clin.* 2019, 69, 7–34.
- [6] Siegel, R.; Miller, K.; Jemal, A. Cancer statistics, 2018. *CA Cancer J. Clin.* 2017, 68, 7–30.
- [7] Sinz, C.; Tschandl, P.; Rosendahl, C.; Akay, B.N.; Argenziano, G.; Blum, A.; Braun, R.P.; Cabo, H.; Gourhant, J.-Y.; Kreuzsch, J.; et al. Accuracy of dermatoscopy for the diagnosis of nonpigmented cancers of the skin. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2017, 77, 1100–1109.
- [8] Ünver, H. M., & Ayan, E. (2019). Skin lesion segmentation in dermoscopic images with combination of YOLO and grabcut algorithm. *Diagnostics*, 9(3), 72.
- [9] Wei, Z.; Song, H.; Chen, L.; Li, Q.; Han, G. Attention-based DenseUnet network with adversarial training for skin lesion segmentation. *IEEE Access* 2019, 7, 136616–136629.
- [10] Khan, M.A.; Akram, T.; Sharif, M.; Javed, K.; Rashid, M.; Bukhari, S.A.C. An integrated framework of skin lesion detection and recognition through saliency method and optimal deep neural network features selection. *Neural Comput. Appl.* 2019, 32, 15929–15948.
- [11] Khan, M.A.; Akram, T.; Sharif, M.; Shahzad, A.; Aurangzeb, K.; Alhusein, M.; Haider, S.I.; Altamrah, A. An implementation of normal distribution based segmentation and entropy controlled features selection for skin lesion detection and classification. *BMC Cancer* 2018, 18.
- [12] Ali, A.R.; Couceiro, M.S.; Hassenian, A.E. Melanoma detection using fuzzy C-means clustering coupled with mathematical morphology. In *Proceedings of the International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS)*, Hawally, Kuwait, 14–16 December 2014; pp. 73–78.
- [13] aisakthi, S.M.; Mirunalini, P.; Aravindan, C. Automated skin lesion segmentation of Dermoscopic images using grabcut and kmeans algorithms. *IET Comput. Vis.* 2018, 12, 1088–1095.
- [14] Aljanabi, M.; Özok, Y.E.; Rahebi, J.; Abdullah, A.S. Skin lesion segmentation method for Dermoscopy images using artificial bee colony algorithm. *Symmetry* 2018, 10, 347.
- [15] Xu, Z., Sheykhahmad, F. R., Ghadimi, N., & Razmjoooy, N. (2020). Computer-aided diagnosis of skin cancer based on soft computing techniques. *Open Medicine*, 15(1), 860-871.
- [16] Jana, E., Subban, R., & Saraswathi, S. (2017, December). Research on skin cancer cell detection using image processing. In *2017 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)*(pp. 1-8). IEEE.
- [17] Agarwal, A., Issac, A., Dutta, M. K., Riha, K., & Uher, V. (2017, July). Automated skin lesion segmentation using K-means clustering from digital dermoscopic images. In *2017 40th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)* (pp. 743-748). IEEE
- [18] Gautam, D., & Ahmed, M. (2015, December). Melanoma detection and classification using SVM based decision support system. In *2015 Annual IEEE India Conference (INDICON)*(pp. 1-6). IEEE.

AKTARMA (BALIKESİR) DERE SEDİMENT ÖRNEKLERİNDE BULUNAN ELEMENTLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Güllü KIRAT^{1*},

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yozgat, 66100, Türkiye
Geliş Tarihi/Received Date: 31.05.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 17.08.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1123975

ÖZET

Aktarma Köyü, Balıkesir ilinde ve Balıkesir Merkezine 21 km uzaklıktadır. Çalışma alanı, Hallaçlar volkanikleri içinde yer almaktadır ve dere sediment örnekleri bölgedeki dere yatağı boyunca 23 adet alınmıştır ve Ag, As, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn element içerikleri incelenmiştir. Yapılan elementler arası korelasyon katsayılarına göre, Ag-Cd, Ag-Zn, Cd-Cu, Cd-Pb, Cu-Cd, Cu-Zn ve Pb-Zn arasında yüksek, Cd-Zn (0.96) arasında çok yüksek pozitif korelasyon gözlenmektedir. Dere sedimentlerinin içerdiği elementlere göre, üç element topluluğu belirlenmiştir. 1. Faktör; Ag, Cd, Cu ve Zn elementleri, 2. Faktör; Ba ve Pb elementleri ve 3. Faktör; As elementidir. Çalışma alanındaki dere sedimentlerinde element dağılımlarına bakıldığında, genel olarak orta ve güney kısımlarda alınan örneklerde yüksek anomaliler görülmektedir. Dere sedimentlerindeki elementlerin yüksek anomali göstermesi hidrotermal çözeltilerden kaynaklanmış olabilir.

Anahtar Kelimeler: Alansal dağılım, dere sedimenti, faktör, korelasyon.

RELATIONSHIPS BETWEEN ELEMENTS FOUND IN AKTARMA (BALIKESİR) STREAM SEDIMENT SAMPLES

ABSTRACT

Aktarma Village is in Balıkesir province and 21 km from Balıkesir Center. The study area is located within the Hallaçlar volcanics, and 23 samples of stream sediment samples were taken along the stream bed in the region and Ag, As, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb and Zn element contents were investigated. According to the correlation coefficients between the elements, a high positive correlation is observed between Ag-Cd, Ag-Zn, Cd-Cu, Cd-Pb, Cu-Cd, Cu-Zn and Pb-Zn, and very high positive correlation is observed between Cd-Zn (0.96). According to the elements contained in the stream sediments, three element assemblages were determined. 1. Factor; Ag, Cd, Cu and Zn elements, 2. Factor; Ba and Pb elements and Factor 3; As element. When the element distributions in the stream sediments in the study area are examined, high anomalies are observed in the samples taken in the middle and southern parts in general. The high anomaly of the elements in the stream sediments may have resulted from hydrothermal solutions.

Keywords: Spatial distribution, stream sediment, factor, correlation.

1. Giriş

Dere sedimentleri, jeokimyasal olarak kaynaklarının litolojisini yansıtır [1, 2], bu da dere sediment jeokimyasını etkili bir arama aracı yapar [3]. Kurak bölgelerde dere sedimenti kullanılarak jeokimyasal araştırma yapmak birçok açıdan zorludur. Çöl ortamları dağlar ve havzalar olmak üzere iki morfolojik tipte sınıflandırılır [4]. Dağlık alanlar, alüvyonlar üzerinde daha çok kayalarla karakterize edilirken, havza alanları alüvyon ve kumlarla karakterize edilir [5].

Dere yatakları, yerkabuğunun malzemelerinin sürekli geri dönüşümüne neden olduğu en önemli dinamik sistemlerdir. Bu anlamda dereler, kıtalardan okyanuslara, kıtasal aşınmadan, yani kayaç aşınması ve erozyonunun sinerjik etkisinden kaynaklanan sedimentlerin esas taşıyıcısıdır. Birikmiş sedimentler, kaynaktan dere yataklarına kadar geçişteki tüm süreçlerin izlerini korur. Birikmiş dere sedimentlerinin jeokimyasal bileşimi ve kökenleri hakkında önemli bilgiler sağlar ve bu nedenle, bölgedeki ayrışma eğilimlerini, sedimentin kaynağını, çökeltme ortamını ve kirlilik kaynaklarını ortaya çıkarmak için kullanılabilir [6-10]. Dere sedimentlerinin jeokimyasal bileşimleri, bir drenaj havzasının ortalama bileşimini ortaya koymaktadır [1]. Kimyasal ayrışma sedimentlerin elemental jeokimyasını ve mineralojisini güçlü bir şekilde etkilediği bilinmektedir [11, 12].

Dere sedimenti, büyük ölçüde, altta bulunan anakayadan ayrılmış parçalardan, mineral tanelerinden ve dere yatağındaki yüzeysel malzemelerden oluşur. Bu nedenle, sedimentin kimyasal bileşimi, tipik olarak alttaki kayaçların bileşenlerini yansıtır. Dere sedimenti madencilik, ağır sanayi ve tarım uygulamaları gibi insan faaliyetlerine atfedilebilecek kirleticiler için önemlidir. Bu nedenle, dere sedimenti yüzeydeki malzemelerin kimyasal kalitesini belirlemek için kullanılabilir [13, 14].

Dere sediment jeokimyası, mineral kaynakları, çevre koruma ve jeolojik süreçlerle ilgili olarak farklı elementlerin dağılımına ilişkin çok önemli fikirler sağlayabilir [15]. Bu nedenle, dünya çapında birçok jeokimyasal araştırmacı dere sediment örneklerini toplamakta ve analiz etmektedir [14, 16].

Bölgeden alınan örneklerin analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi yapılarak, Ag, As, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn elementlerinin korelasyon ve faktör yük değerleri ile alansal dağılımları incelenmiştir.

2. Jeoloji ve petrografi

Aktarma Köyü Balıkesir'in 21 km kuzeybatısında olup, Hallaçlar volkanikleri içinde yer almaktadır (Şekil 1 ve Şekil 2)). Hallaçlar volkanikleri, inceleme alanının en eski birimi olup Üst Oligosen - Alt Miyosen yaşlıdır.

Hallaçlar volkaniklerinin üzerine uyumsuz olarak Dedetepe formasyonuna iat (Alt Miyosen) aglomera, tüf ve andezitik lavlar gelmektedir. Bu Dedetepe formasyonunun üzerine uyumsuz olarak marn, kıltaşı, kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan Soma formasyonu (Orta Miyosen-alt Pliyosen) ve en üstte ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır (Şekil 2) [18]. Alüvyonlar, çalışma alanının kuzeyinde bulunan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar iri ve ince taneli çakıllar şeklinde bulunmaktadır [17, 18].

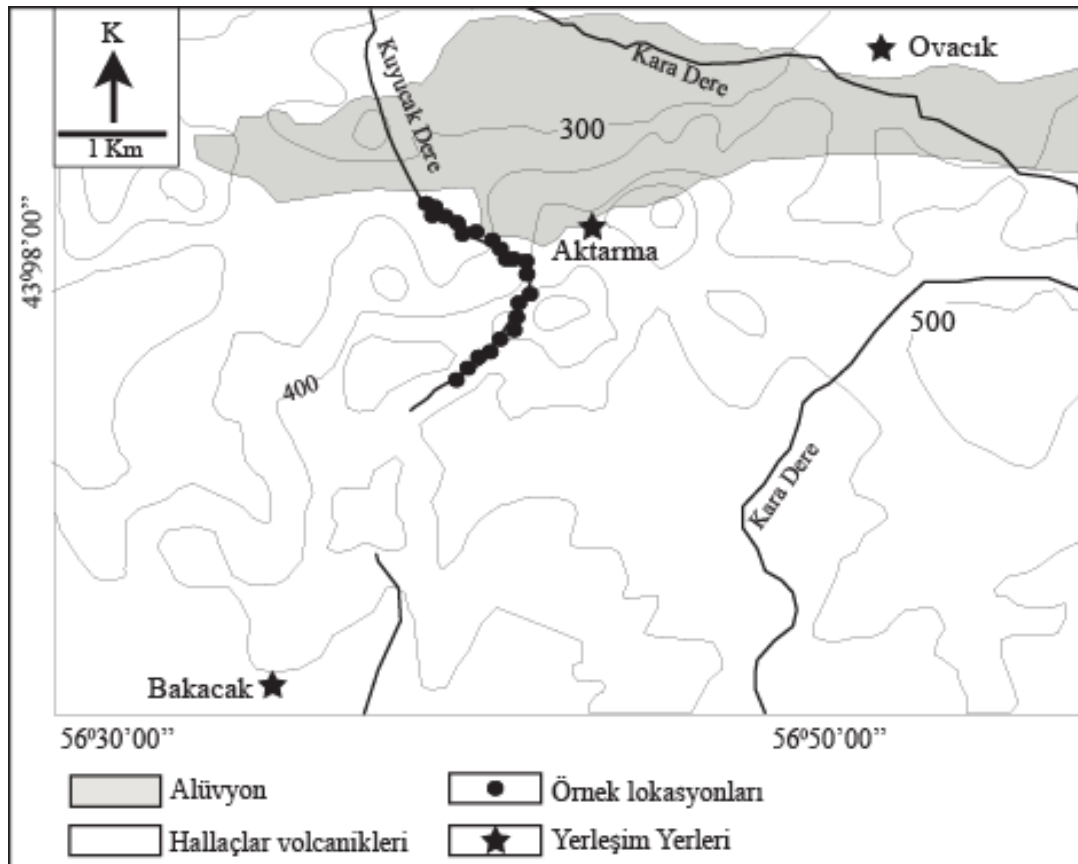
Hallaçlar volkanikleri, genellikle alterasyona uğradıklarından sarı, krem ve açık kahverenginde bulunur [19, 20]. Çalışma alanındaki Hallaçlar volkanitleri andezit bileşiminde olup, petrografik olarak piroksen, plajiyoklaz, biyotit, amfibol ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Volkanitler içerisinde sonucunda kuvars, ojit, biyotit ve hornblend içeren bir matriksin yanı sıra biyotit mikrolitlerini bulunduran volkanik camsı bir malzeme olduğu görülmüştür [21]. Bu volkanikler jeokimyasal olarak yüksek K'lu ve kalk-alkalen özelliğe sahiptirler [17].

Hallaçlar volkaniklerinin kalınlığı yaklaşık olarak 400 m. kadardır. Çalışma alanında volkanik evre, dasit, riyodasit, andezit, traki-andezit tipi lavlardan, tüflerden ve silisleşmiş tüflerden meydana gelmiştir. Tüfler, çok geniş bir alanda yüzlekler verirken, lavlar ve lav domları daha dar bir alanda yüzlekler vermiştir. Lavlar kahvemsî, siyahımsî ve gri renklerde yer yer altere olmuştur. Bir kısım tüflerde ise, bozuşmaya ve alterasyona uğramış ve silisleşmiştir.

Büyük miktarda silisleşmiş lavlar, yer yer piritleşmiş ve arjilitleşmiştir. Lavlar içerisindeki Cu ve Zn cevher element içeriklerinin yüksekliğini alterasyon ile ilişkili olduğunu yani, alterasyonun artmasına bağlı olarak kayaçlardaki Cu ve Zn cevher element içeriğinin de arttığını belirtmiştir [22].



Şekil 1. Aktarma ve çevresi yer bulduru haritası (Google map)



Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji ve lokasyon haritası [23, 24].

3. Materyal ve Metod

Çalışma alanındaki dere yatağından ve üstteki örtü atılarak alınan 23 adet örneğin koordinatları GPS ile kayıt edilmiştir. Dere akış yönünde alınan 1.5-2.0 kg ağırlığındaki sedimentler 2 mm'lik plastik elekten geçirilerek poşetlere konulmuş, numaralandırılmış ve laboratuarda oda sıcaklığında kurutulmuştur. Alınan tüm örnekler -80 mesh açıklığa sahip elek ile elenerek 15-20 g olacak şekilde poşetlenerek kimyasal analizlerinin yapılması hazırlanmıştır.

Aktarma köyü ve çevresinden alınan 23 dere sediment örneğinde 7 elementin kimyasal analizi Yozgat Bozok Üniversitesi BILTEM'de (Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yozgat) ICP-MS tekniği kullanılarak yapılmıştır.

Daha önce çizilmiş çalışma alanına ait jeoloji haritası Adobe Illustrator CS3 programı kullanılarak çalışmanın amacına uygun olarak yeniden çizilmiştir. Dere sedimentlerine ait istatistiksel değerler, korelasyon katsayıları ve faktör analizleri SPSS 15.0 programıyla hesaplanmıştır. Bu sedimentlerin element dağılım haritaları ise SURFER 9.0 programı ile çizilmiştir.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma alanı ve çevresinden toplanan 23 adet dere sedimentinden elde edilen jeokimyasal analiz sonuçları, SPSS 15.0 programı kullanılarak istatistiksel olarak hesaplanmış ve Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'de aritmetik ortalama değerleri ile medyan değerleri arasında çok az farklılık gözlenmesi, incelenen elementler arasında normal bir dağılımın olduğunu göstermektedir [25].

As, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn elementlerinin hesaplanan ortalama değerleri, standart sapma değerlerine göre büyük yani elde edilen verilerin ortalamaya yakın olduğu görülmüştür (Tablo 1).

Çizelge 1. İnceleme alanı sediment örneklerinin istatistiksel değerleri (mg/kg)

	Minimum	Maksimum	Aralık	A. Ortalama	Std. Sapma
Ag	0.02	0.98	0.96	0.14	0.2
As	3.7	101.5	97.8	31.3	28.7
Ba	70	460	390	213.0	127.8
Cd	0.10	0.97	0.87	0.36	0.26
Cu	25.2	152.5	127.3	61.0	33.5
Ni	7.80	74.2	66.4	18.7	14.2
Pb	12.3	83.4	71.1	35.2	21.1
Zn	59	163	104	97.1	31.3

Hesaplanan sperman korelasyon katsayılarına bakıldığında, Ag-Cd (0.70), Ag-Zn (0.65), Cd-Cu (0.62), Cd-Pb (0.63), Cd-Zn (0.96), Cu-Cd (0.62), Cu-Zn (0.63) ve Pb-Zn (0.65) elementleri arasında yüksek pozitif bir korelasyon olduğu gözlenirken, Ag-As (-0.008), As-Ni (-0.32), Ba-Ni (-0.12), Cu-Ni (-0.05), Pb-Ni (-0.19), Ni-Zn (-0.08) elementleri arasında negatif korelasyon olduğu gözlenmiştir (Tablo 2). Elementlerin pozitif korelasyon göstermesi, bu element çiftlerinin birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Cd ile Zn arasında çok yüksek pozitif bir korelasyon (0.96) görülmesi, Cd ve Zn elementlerinin çalışma alanındaki hidrotermal cevherleşmelere yakın olabileceğini işaret etmektedir.

Çizelge 2. Elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (**0.01 ve *0.05)

	Ag	As	Ba	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Ag	1							
As	-0.008	1						
Ba	0.4	0.118	1					
Cd	.703(**)	0.186	0.313	1	.618(**)			
Cu	0.332	0.353	0.075	.618(**)	1			
Ni	0.246	-0.322	-0.121	0.043	-0.049	1		
Pb	0.258	0.218	.502(*)	.625(**)	0.161	-0.188	1	
Zn	.651(**)	0.244	0.267	.959(**)	.634(**)	-0.081	.649(**)	1

Korelasyon matrisinde, bir değişken ile diğeri arasındaki ilişki belirlenir. Faktör analizlerinde amaç, elementler arasındaki korelasyon ilişkilerini faktör grupları ile açıklamaktır. Korelasyon matris değerlerine bakılarak faktör sayıları belirlenebilir. Her değişken, yüksek korelasyona sahip diğeri bir değişken ile aynı grupta toplanarak faktör elde edilir [26].

Dere sedimentlerinde incelenen elementlerin faktör analizi SPSS 15.0 programı kullanılmıştır. Bu faktör analizinde faktör sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Faktör yüklerini daha iyi açıklamak için varimax döndürme yapılmıştır. Toplam varyans değerleri incelendiğinde, başlangıç özdeğerlerinde tüm değişkenler 1. sütunda, değişkenlerin özdeğerleri 2. sütunda, özdeğerlerin açıkladığı varyans yüzdeleri 3. Sütunda ve birikimli varyans değerleri 4. sütunda yer almaktadır (Tablo 3).

Döndürme işleminden sonra, kare yükler toplamındaki özdeğerler, varyans % ve birikimli varyans değerlerinde değişme gözlenmiştir. Ancak toplam birikimli varyanslarda bir değişme olmamıştır. Tablo 3'te toplam varyansın % 37.0'sini 1. Faktör; % 22.4'ünü 2. faktör ve % 18.7'sini 3. faktör açıklamaktadır. Bu tabloda toplam varyans değerlerinin 1. faktörden 3. faktöre azaldığı görülmektedir. Birden büyük (>1) ilk 3 faktörün toplam birikim varyansı % 78.1'dir. Bu üç faktörün dışında kalan birikimli varyans ise % 21.9'dur (Tablo 3).

Çizelge 3. İnceleme alanı sediment örneklerinde toplam varyans

Değişkenler	Açıklanan Toplam Varyans			Döndürme Yapıldıktan Sonra Karesel Yüklerin Toplamı		
	Özdeğerler	Varyans %	Kümülatif %	Özdeğerler	Varyans (%)	Birikimli Varyans (%)
Ag	3.6	45.0	45.0	3.0	37.0	37.0
As	1.5	18.4	63.5	1.8	22.4	59.4
Ba	1.2	14.6	78.1	1.5	18.7	78.1
Cd	0.7	8.5	86.6			
Cu	0.6	7.0	93.5			
Ni	0.4	5.1	98.6			
Pb	0.1	1.0	99.6			
Zn	0.03	0.4	100			

Varimax döndürme analiz sonuçları Tablo 4'te görüldüğü gibi, Ag, Cd, Cu ve Zn elementleri 1. Faktörü oluşturmuştur. Cu magmatik kayalarda çok fazla bulunabilir [27]. Bazaltik kayaların ilk kristalleşme evrelerinde silikatlı minerallerin yapısına girebilir. Cu, kalkofil özelliğe sahip olduğundan sülfürlü mineralleri oluşturabilir [28]. Ayrıca Cu elementi biyotit, piroksen ve amfibol içerisinde iz element olarak da bulunabilir [29]. Cd'un Zn minerali olan sfalerit (ZnS) içinde iz element şeklinde açıklanabilir [30]. Ayrıca, bu üç elementin birlikte bu faktörde bulunması, eski maden kalıntıları veya atıkları şeklinde antropojenik kaynaklı da olabilir.

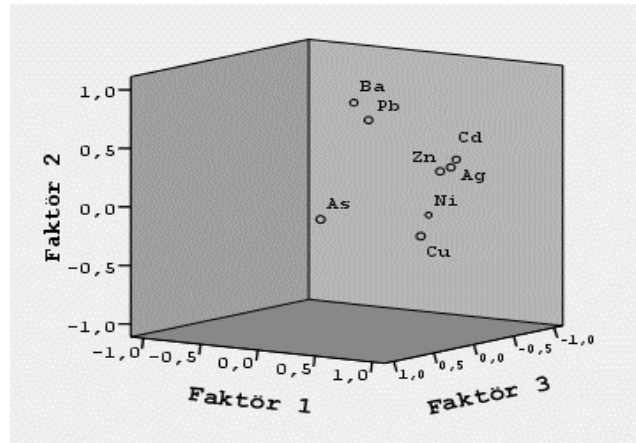
Ba ve Pb elementleri 2. Faktörde bulunmaktadır (Tablo 4). Pb, arazide gözlemlenen galenlerden kaynaklı olabilir. Baryum elementi doğada fazla bulunan elementlerden biri olup, volkanik kayalarda zenginleştiği görülmektedir [31].

3. Faktörde As elementi yer almaktadır (Tablo 4). As çoğu sülfürlü minerallerin (pirit, sfalerit gibi) kristal yapısında bulunabildiği gibi, kendi mineralini de oluşturabilir [32]. As, killer ve Fe oksit - hidroksitler tarafından tutularak ince taneli dere sedimentlerinde zenginleşmiş olabilir [33].

Çizelge 4. Rotasyonlu Faktör Matrisi

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
Ag	0.68	0.37	-0.40
As	0.30	-0.02	0.75
Ba	0.07	0.85	0.02
Cd	0.89	0.38	-0.02
Cu	0.83	-0.18	0.26
Ni	0.15	-0.22	-0.80
Pb	0.35	0.76	0.22
Zn	0.88	0.36	0.10

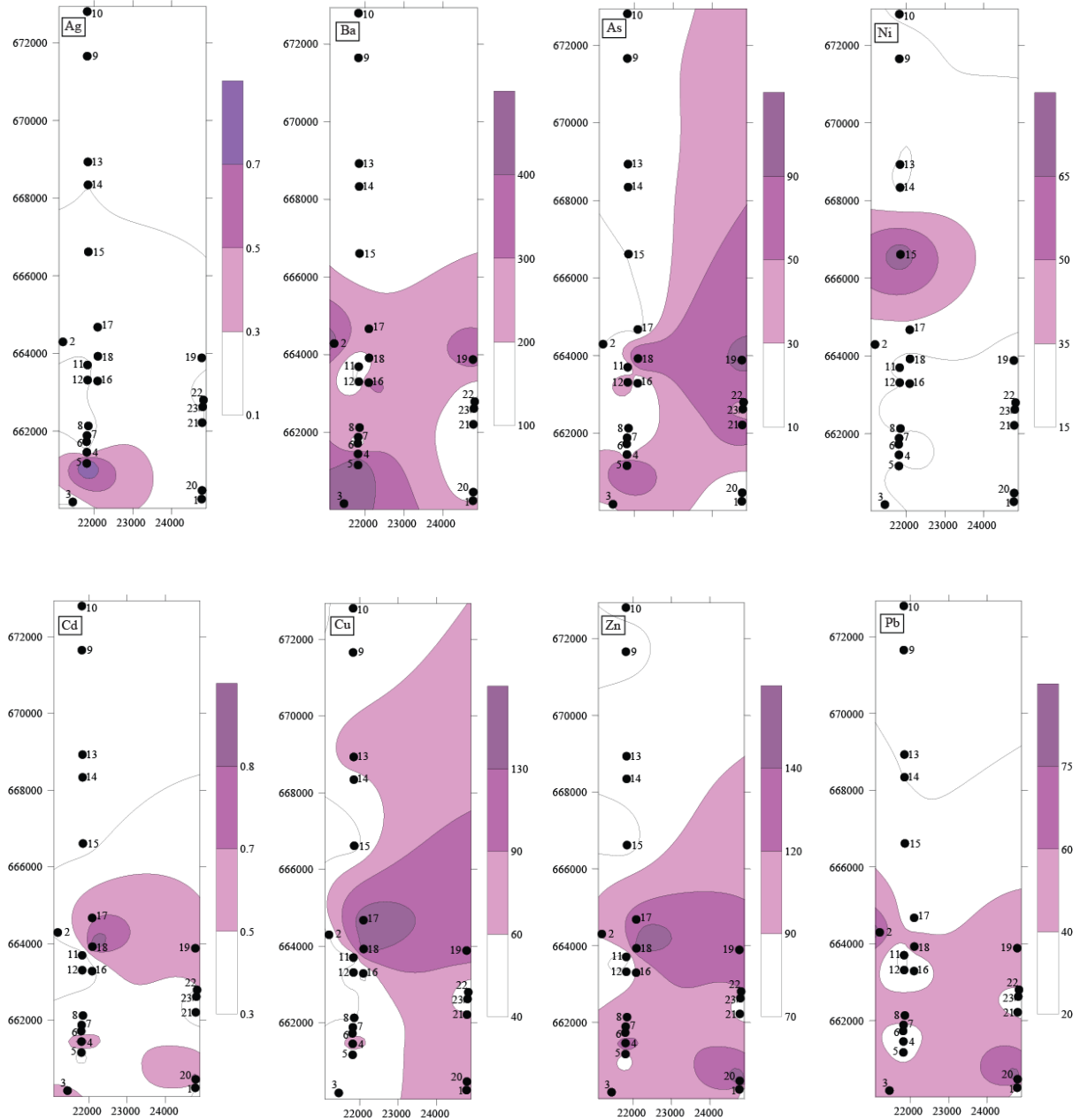
Faktör yükleri grafiğinde, incelenen elementler arasındaki ilişkiler görsel olarak verilmiştir. Bu grafikte benzer elementler üç farklı grupta yer almıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Faktör Yükleri Grafiği

Alansal dağılım haritaları SURFER 9.0 programı kullanılarak çizilmiştir. Elde edilen değerlerden dağılım haritasının oluşması için, bu değerlerin % 25'i eşik, % 50'si normal, %75 anomali ve %95'i yüksek anomali değerler olarak alınmıştır.

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki sedimentlerin alansal olarak dağılım grafikleri Şekil 4'te verilmiştir. Ag ve Ba elementleri 5 nolu lokasyonda en yüksek değeri gösteren anomaliye sahiptir. Ag çalışma alanındaki diğer tüm örnek lokasyonlarında % 25 olan eşik değerlerdedir. Ba elementi, 2 ve 3 nolu lokasyonlarda da çok yüksek anomali göstermektedir. Bu element 4, 6-8, 16, 17 ve 19 nolu lokasyonlarda ise normal değerleri yansıtmaktadır.



Şekil 4. Aktarma ve çevresindeki sediment örneklerinde incelenen elementlerin alansal dağılımı

As elementi 19 nolu lokasyonda çok yüksek bir anomaliye sahip olup, 5, 18, 21 ve 22 nolu lokasyonlarda anomali göstermektedir. Ni elementi sadece 15 nolu lokasyonda yüksek anomaliye

sahiptir ve çalışma alanındaki diğer tüm örnek lokasyonlarında eşik değerlerdedir. Cd elementi 18 nolu lokasyonda çok yüksek anomali değerlerine sahiptir. 3, 4, 17, 19 ve 20 nolu lokasyonlarda normal anomali değerlerindedir. Diğer tüm lokasyonlarda ise, eşik değerlerdedir. Cu elementi 17 ve 18 nolu lokasyonlarda çok yüksek anomali değerlerine sahiptir ve 1, 4, 13, 19 ve 20 nolu lokasyonlarda normal anomali değerlerindedir. Zn elementi 18 ve 20 nolu lokasyonlarda çok yüksek anomali 4, 17 ve 19 nolu lokasyonlarda biraz daha düşük anomali değerlerine sahiptir. Pb elementi 20 nolu lokasyonda çok yüksek anomali göstermektedir. Çalışma alanının yani dağılım grafiğinin güney kısmında anomali gözlenirken kuzeye doğru Pb değerlerinde azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 4). Örnek lokasyonlarının tümü hidrotermal alterasyona maruz kalan Hallaçlar Volkaniklerinden alınmıştır. Bu nedenle, dere sedimentlerine hidrotermal cevherleşmeler yansımış olduğu söylenebilir.

Dere yataklarında incelenen elementlerin bazı lokasyonlarda anomali göstermesi bazı faktörlere bağlıdır. Bu faktörler; (1) dere tabanından veya yamaçlarından aşındırılmış dirençli ağır metaller (2) derelerin kaynak alanlarından aşındırılan ince taneli ikincil cevher mineraller ve (3) dere sularından kaynaklanan Fe-Mn oksit – hidroksitler tarafından adsorbe edilen metallerdir [33].

Çalışma alanında örnekler birbirine çok yakın alındığından incelenen element değerleri yüksektir. Bu da alınan örneklerin cevherleşmeye yakın olduğunu ve daha sonra yüksek erozyon ile hemen ortamdan uzaklaştığını göstermektedir [34, 35].

5. Sonuç

Balıkesir iline 21 km uzaklıkta bulunan inceleme alanı, Hallaçlar volkanik kayaları içinde yer almaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki dere yataklarında GPS yardımıyla farklı lokasyonlardan 23 adet sediment örneği alındı ve bu sementlerdeki element değerleri jeokimyasal olarak incelenmiştir. İncelenen elementlerin ortalama değerleri standart sapma değerlerinden yüksek olduğu gözlenmiştir.

Elementler arasındaki sperman korelasyon katsayılarına bakıldığında, Ag-Cd, Ag-Zn, Cd-Cu, Cd-Pb, Cu-Cd, Cu-Zn ve Pb-Zn element çiftleri arasında yüksek, Cd-Zn element çifti arasında çok yüksek pozitif bir korelasyon olduğu gözlenirken, Ag-As, As-Ni, Ba-Ni, Cu-Ni, Pb-Ni, Ni-Zn element çiftleri arasında negatif korelasyon olduğu gözlenmiştir. Element çiftleri arasındaki bu ilişki incelendiğinde, bu elementlerin çalışma alanındaki hidrotermal çözeltilere yakın olabileceğini işaret etmektedir.

Yapılan istatistiksel hesaplamalara göre, toplam varyansın % 37.0'sini 1. Faktör; % 22.4'ünü 2. faktör ve % 18.7'sini 3. faktör açıklamaktadır ve toplam varyans değerlerinin 1. faktörden 3. faktöre azaldığı görülmektedir. Birden büyük (>1) ilk 3 faktörün toplam birikim varyansı % 78.1'dir.

Çalışma alanındaki dere sedimentlerindeki elementlerin alansal dağılımlarına göre, As, Ba, Cd, Cu, Pb ve Zn değerlerinin genel olarak orta ve güney kesimlerde yüksek anomaliler sunduğu görülmektedir. Dere sedimentlerinde incelenen elementlerin yüksek anomaliye sahip olması, hidrotermal çözeltilerden etkilenmiş olabileceğini göstermektedir.

Teşekkür

GRC Madencilik Ltd. Şirketine bu çalışma sırasında desteklerini esirgemedikleri için teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Young SM, Pitawala A, Ishiga H, Geochemical characteristics of stream sediments, sediment fractions, soils and basement rocks from the Mahaweli River and its catchment, Sri Lanka. *Chem. Erde*, 2013, (73): 357–371.
- [2] Kirkwood C, Everett P, Ferreira A, and Lister B. Stream sediment geochemistry as a tool for enhancing geological understanding: An overview of new data from south-west England *Journal of Geochemical Exploration*, 2016, 163: 619–28–40
- [3] Fletcher WK. Stream sediment geochemistry in today's exploration World 614 In: AG Gubbins (ed), *Proceeding of exploration 97: Fourth Decennial 615 International Conference on Mineral exploration*, 1997, pp 249–260
- [4] Mazzucchelli RH. Drainage geochemistry in arid regions In: Hale, M, and 621 Plant, JA, (eds), *Drainage Geochemistry Handbook of Exploration 622 Geochemistry*, 1994, 6: pp 379–414
- [5] El-Kammar A, El-Wakil M, El-Rahman YA, Fathy M, Abdel-Azeem M. Stream sediment geochemical survey of rare elements in an arid region of the Hamadat area, central Eastern Desert, Egypt *Ore Geology Reviews Volume (117)*, February 2020, 103287
- [6] Calvert SE, Pedersen TF, Karlin RE. Geochemical and isotopic evidence for post-glacial palaeoceanographic changes in Saanich Inlet, British Columbia *Mar Geol* 2021, (174): 287–305
- [7] Glasby GP, Szefer P, Geldon J, Warzocha J. Heavy-metal pollution of sediments from Szczecin Lagoon and the Gdansk Basin Poland *Sci Total Environ* 2004, (330): 249–269
- [8] Naimo D, Adamo P, Imperato M, Stanzione D. Mineralogy and geochemistry of a marine sequence, Gulf of Salerno, Italy *Quatern* 2005, Int140–141, 53–63 *National Meteorological Service*, 2010 http://smn.nogobmx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77
- [9] Wei G, Liu XH, Liu Y, Shao L, Liang X. Geochemical record of chemical weathering and monsoon climate change since the early Miocene in the South China Sea *Paleoceanography*, 2005, (21): 4214–4225
- [10] Liu B, Wang Y, Su X, Zheng H. Elemental geochemistry of northern slope sediments from the South China Sea: implications for provenance and source area weathering since Early Miocene *Chem Erde*, 2013, (73): 1–7
- [11] Schneider S, Hornung J, Hinderer M, Garzanti E. Petrography and geochemistry of modern river sediments in an equatorial environment (Rwenzori Mountains and Albertine rift: Uganda) – implications for weathering and provenance *Sed Geol* 2016, (336): 106–119
- [12] Shruti VC, Jonathan MP, Rodríguez-Espinosa PF, Nagarajan R, Escobedo-Urias DC, Morales-García SS, Martínez-Tavera E. Geochemical characteristics of stream sediments from an urban-volcanic zone, Central Mexico: Natural and man-made inputs *Chemie der Erde*, 2017; (77): 303–321
- [13] Johnson CC, Flight DMA, Ander EL, Lister TR, Breward N, Fordyce FM, Nice SE. The collection of drainage samples for environmental analyses from active stream channels In: DE VIVO, B, BELKIN, HE AND LIMA, A (editors) *Environmental Geochemistry: site characterization, data analysis and case histories* (London: Elsevier), 2008; 59–92
- [14] Everett PA, Lister TR, Fordyce FM, Ferreira AMPJ, Donald AW, Gowing, CJB, Lawley RS. *Stream sediment geochemical atlas of the United Kingdom Keyworth, Nottingham, British Geological Survey*, 2019; 94pp (OR/18/048)
- [15] Plant JA. Regional geochemical maps of the United Kingdom: environmental and economic applications *Mercian Geologist*, 1983; Vol 9 (2): 75–87
- [16] Darnley AG, Byörklund A, Bølviken B, Gustavsson N, Koval, PV, Plant JA, Steenfelt A, Tauchid M, Xuejing X, Garret RG, Hall, GEM. A global geochemical database for environmental and resource management: Final report of IGCP Project 259, Earth Sciences, 1995;19, (Paris: UNESCO Publishing)
- [17] Bozan F. Büyükbostancı-Çiçekpınar (Balıkesir) Köyleri Civarındaki Hallaçlar Volkanitlerinin Petrografisi ve Petrolojisi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2019;107 sayfa, Balıkesir

- [18] Koc A, Comakli B, Gokkus A, Tahtacioglu L. The effects of nitrogen, phosphorus and ungrazed on plant density of Guzelyurt village in Erzurum Proc Turkey Field Crops Congress, Vol: Forage and Grassland, Izmir, 1994; pp: 78± 82
- [19] Erdem D. Şapçı (İbirlir-Balıkesir) Volkaniti'nin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrolojisi Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Yüksek Lisans Tezi, 2015; 63s (yayınlanmamış)
- [20] Erdem D, Aslan Z. Petrography and Petrology of the Calc-alkaline Şapçı (Balıkesir) Volcanics: Volcanism Related to Collision in the Biga Peninsula (NW Turkey), Geological Bulletin of Turkey Cilt 58, Sayı 3, Ağustos 2015; Volume 58, Number 3
- [21] Ercan T. Cenozoic volcanism in Central Anatolia Journal Publication of Mineral Research and Exploration Rules 1986; (107):119-140
- [22] Ercan, T., Günay, E., Türkecan A., 1984. Edremit - Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer Stratigrafisi magmatik kayaların petrolojisi ve kökenseel yorumu. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 27, 21 - 30
- [23] General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), 1/500000 Scale Geological Maps 2002, <https://www.mta.gov.tr/v30/sayfalar/hizmetler/doc/IZMIR.pdf>
- [24] Kirat G, Aydın N. Investigation of Metal Pollution in Moryayla (Erzurum) and Surrounding Stream Sediments, Turkey International Journal of Environmental Science and Technology Int J Environ Sci Technol 2018; (15):2229–2240 <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1611-9>
- [25] Akçay M. Jeokimya Temel Kavramlar ve Uygulamaya Aktarımları KTÜ Matbaası, Trabzon, 2002; 506s
- [26] Polat Y. Faktör analizi yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve hayvancılık denemesine uygulanışı Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Zootekni Anabilim Dalı, 2012; 296 s.
- [27] Kundi T, Kuluncak (Malatya) Çevresinin Dere Kumu Jeokimyası Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2006
- [28] Erler A. Jeokimya Ortamlar Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Eğitim Dizisi, 1986;353 s
- [29] Senior A, Leake BE. Regional Matasomatism and Geochemistry of the Daldarian Metasediments Of The Connemara Western Ireland, J Petrol, 1978; (19): 585-625
- [30] Yeniçirak M. Menteşe (Soma-Manisa) Çevresi Dere Kumlarının Metal İçeriği ve Dağılımı, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2021; 98 sayfa, Balıkesir
- [31] Horoz EM. Çıtak (Bigadiç-Balıkesir) Çevresi Dere Kumu ve Dere Sularının Metal içeriği ve Dağılımı, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Yatakları-Jeokimya Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2018; 119s
- [32] Smedley PL, Kinniburgh DG. A Review of the Source Behavior and Distribution of Arsenic In Natural Waters Appl Geochem, 2002, (17): 517–568
- [33] Bölücek C, Kalender L. Distribution of Cu, Pb, Zn, As and Cd in stream sediments north of Elazığ Geosound, 2005; (47): 91 -101
- [34] Çağatay MN. Selective extraction techniques in exploration for volcano-genetic sulphide deposits, Eastern Black Sea Region, Turkey Journal of Geochemical Exploration, 1984; (21): 273-290
- [35] Alçiçek ÖN. Dadağı (Gülşehir-Nevşehir) Çevresinde Uranyum İçin Jeokimyasal Arama Çalışmaları, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi ,145 sayfa, Elazığ, 2016.

PAMUK VE VISKON İPLİKLERDE FARKLI SPLAYS YÖNTEMLERİNİN İPLİK GERİLME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Seval UYANIK^{1*}

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, 02040, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 16.06.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 16.09.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1131699

ÖZET

Çalışma ile farklı iplik numaraları açısından pamuk ve viskon hammaddeli iplikler için optimum splays yönteminin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Ne 20, Ne 30, Ne 40, Ne 50 ve Ne 60 olarak %100 pamuk ve %100 viskon ring iplikler doğrudan işletme içi üretimden alınarak temin edilmiş ve söz konusu ipliklere Savio Polar IDLS bobin makinesinde havalı splays, ıslak splays ve twin (mekanik) splays mekanizmaları ile splays işlemi uygulanmıştır. Çalışma sonuçları genel olarak kopma mukavemeti ve uzaması açısından %100 pamuk iplikler için en uygun splays yönteminin twin splays, en uygunsuz splays yönteminin havalı splays olduğunu, ıslak splays yönteminin ise havalı splays yöntemine yakın ama daha iyi olduğunu; %100 viskon ipliklerde ise pamuk ipliklerin aksine en olumlu splays yönteminin havalı splays en olumsuz splays yönteminin ise twin splays olduğunu, ıslak splays yönteminin havalı splays yöntemine daha yakın olup ince ipliklerde daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Havalı splays, ıslak splays, twin (mekanik) splays, pamuk, viskon, iplik numarası

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT SPLICE METHODS ON YARN TENSILE PROPERTIES IN COTTON AND VISCOSE YARNS

ABSTRACT

It is aimed to reveal the optimum splicing method for cotton yarns and viscose yarns in terms of different yarn counts with this study. In this context, 100% cotton and 100% viscose ring yarns as Ne 20, Ne 30, Ne 40, Ne 50 and Ne 60 were taken directly from the yarn factory, and splicing process was applied for these yarns with air splicer, wet splicer and twin splicer in Savio Polar IDLS winding machine. Study results generally show that the most positive splicing method for 100% cotton yarns is twin splicing, the most negative splicing method is air splicing, and the wet splicing method is close to but better than the air splicing method in terms of retained breaking strength and elongation; Contrary to cotton yarns, the most positive splicing method is air splicing and the most unfavorable splicing method is twin splicing in 100% viscose yarns, the wet splice method is closer to the air splice method and gives better results in fine yarns.

Keywords: Air splice, wet splice, twin (mechanical) splice, cotton, viscose, yarn count

1. Giriş

Bobin makinelerinde sarım sırasında eğrilmiş iplikte mukavemeti düşük bölgelerden dolayı birçok kopuş meydana gelir. Bu kopuşlar dışında iplik temizleyiciler, istenilen iplik kalitesine ulaşmak için belirlenen çap ve uzunluk dışında kalan ince-kalın yer vb. iplik hatalarının kesilerek uzaklaştırılmasını sağlar. Her iki durumda da kopan veya kesilen iplik uçlarının birleştirilmesi ve bobin sarımına devam edilmesi gereklidir. Bu amaçla iki iplik ucunun çeşitli tekniklerle birbirine eklenerek

e-posta¹ : suyanik@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9513-5746> (Sorumlu Yazar)

birleştirilmesine ‘uç birleştirme’, ‘düğümleme’ ya da ‘splays’ denir.

Splays ile iki iplik ucunu oluşturan lifler birbirine karıştırılarak birleştirildiği için birleşme yeri ana ipliğe göre görünüş ve mekanik özellikler açısından önemli ölçüde farklı olmaz. Splays kalitesi, son iplik performansı açısından çok önemlidir, ancak birleştirmenin etkinliği öncelikle çekme mukavemetine ve fiziksel görünümüne bağlıdır. İplik uçlarının iyi eklenmediği durumlarda iplik kopma mukavemeti ve uzama azalır ve kumaş üretimi sırasında makinelerde çok fazla kopuş ve dolayısıyla verim düşük olur. Ek yerlerinde oluşan tüyler, sürtünme sonucu iplik mukavemetinin azalmasına ve daha sonra kumaş üretiminde ipliğin kopmasına ve verim kaybına, ayrıca kumaşta tüylülüğün artmasına, görünümün bozulmasına ve boncuklanma vb. sebeplere neden olur. Bobinleme sonrası dokuma hazırlık ve dokuma işlemlerinde iplik kopuşlarının önlenmesi için iplik uç birleşme bölgesindeki ortalama mukavemet azalmasının %20’den daha düşük olması istenir [1-3].

Farklı iplik hammaddelerinin kullanılması ve splays işleminin optimize edilmesi açısından birçok splays yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler pnömatik yöntem (havalı-ıslak splays), mekanik yöntem, pnö-mekanik yöntem ve elektrostatik yöntem olarak sıralanmıştır [4]. Bunlar arasında pnömatik ekleme (Air Splice) en popüler olanıdır ve standart splays olarak tanımlanır. Pnömatik ekleme prensibinde (Şekil 1) splays, farklı yoğunluktaki iki farklı hava üflemeyle özel bir bölmede (Şekil 2) iki aşamada gerçekleşir [5]. İlk hava üfleme iplik bülümünü açar ve serbest uçlarına neden olur. Ardından bükülmemiş lifler birbirine karıştırılır ve başka bir hava üfleme ile ana iplikle aynı yönde bükülür ve birleştirme gerçekleştirilmiş olur.

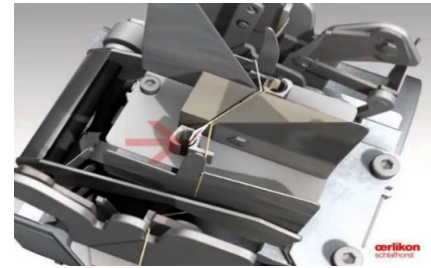
Standart splays; termo splays, enjeksiyonlu splays ve elasto splaysa dönüştürülebilir. Standart splays uygulama alanları pamuk, pamuk karışımları, polyester, viskon ve pamuklu kompakt ipliklerdir [1]. Standart splays uygulamasında nemli hava kullanımı ile (Moist Air Splice) splays performansı artırılmaktadır. Moist Air splays yöntemi katlı pamuk iplikleri, yüksek bükümlü yün iplikler ve keten iplikler hariç, hemen hemen her tür kısa ve uzun lif iplikleri için uygun olup yüksek kaliteli pamuk, elastanlı pamuk, polyester, Tencel, Lyocell ve karışımı ipliklerde splays performansını artırmaktadır. Bu splays havası teknolojisi, ısı kullanımıyla (Heat Splicer) zorlu iplik yapıları olan kalın yün iplikler, yüksek bükümlü iplikler, %100 yün ve karışımlarında kullanılır [8].



Şekil 1. Havalı splays (Air splicer) mekanizması [6]



Şekil 2. Splays bölmesi [7]



Şekil 3. Islak splays (Wet Splicer) [6]



Şekil 4. Mekanik splays (Twin Splicer) [6]

Islak splays (Şekil 3) yönteminde ekleme işlemi, su enjekte edilirken vakum altında gerçekleştirilir. Tüm splays parçaları, dışarıya tehlikeli su sıçramasını önlemek için su geçirmez bir muhafaza içine yerleştirilmiştir. Mekanizmanın uygulama aralığı kalın %100 pamuklu düz ve fantezi iplikler, %100 pamuklu kompakt iplikler, merseze/single iplikler, elastomerik iplikler, iki katlı iplikler, open-end iplikler, sentetik iplikler, keten ipliklerdir [8].

Mekanik splays (Twin Splicer) (Şekil 4), pnömatik splaya göre daha az kullanılan bir yöntemdir. Bu işlemde, kopan iplik uçlarının önce bükümü açılır, daha sonra iki iplik ucunun çekilmesiyle sakallar oluşturulur ve bu sakallar üst üste bindirilir ve tekrar birlikte bükülür. Bu yöntemin avantajları, hava veya herhangi bir yabancı maddenin olmaması ve sonuçların tekrarlanabilir olmasıdır. %100 pamuk, %100 pamuk fantezi iplikler, kompakt iplikler, elastomerik iplikler, pamuk ve karışımlarında oldukça iyi splays performansı vermektedir [8].

Splayslı ipliğin performansı; hammadde, iplik numarası, iplik bükümü vb. iplik parametreleri, splays parametreleri ve splays yöntemleri bazında birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır.

Splays parametreleri açısından Cheng vd. [9-10] iplik uç açma hava miktarı, uç birleştirme süresi, iplik uç uzunlukları iplik büküm katsayısı ve lineer yoğunluğunun splayslı ipliklerin genel özellikleri ile mukavemeti üzerinde en önemli etkiye sahip parametreler olduğunu; Webb vd. [11] splays basıncının splayslı iplik üzerinde en önemli faktör olduğunu; Lewandowski ve Drobina [12], splays uygulanan ipliklerin çekme özellikleri üzerinde en etkili faktörün açılış havası basıncı olduğunu, açılma ve splays zamanının ise çaplarını etkilediğini; Çelik ve Kaynak [13] en uygun splays görünümü için optimum hava basıncının ipliğin lif içeriğine göre değiştiğini, iplikte polyester oranı arttıkça 4 -5 bar hava basıncında düğüm çapının ana ipliğin çapına göre arttığını, 6 bar hava basıncında ise düğüm çapının azaldığını; Jaouachi vd. [14] Spandex© filamentin iplikteki açılma konumunun ıslak splays yönteminde ek yeri uzunluğu ve süresinden etkilendiğini; Wu vd. [15], uygun ek yeri uzunluğunun, hava akımı karşısında yeteri kadar serbest lif ucu oluşması ve birleşme kolaylığı için faydalı olduğunu belirtmişlerdir.

İplik eğirme tipi açısından Dash vd [16], kompakt ipliklerde uçları birleştirilen bölgenin mukavemetinin ring ipliklerden yüksek olduğunu, ancak kompakt ipliklerde iplik uç birleşme bölgesi mukavemetinin normal iplik mukavemetine oranının konvansiyonel ring ipliklerinkinden daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Lif cinsi açısından Das vd [17] lifler arasındaki sürtünme ne kadar yüksekse, eklenmiş ipliğin kompaktlığının da o kadar yüksek olduğunu; Navaz vd. [18]) sentetik elyaf oranı arttıkça doğal ve sentetik karışımli ipliklerde birleşme bölgesinin mukavemet özelliklerinin arttığını; Gürkan Ünal vd. [19-20] lif çapının, kısa lif içeriğinin, iplik numarasının, iplik bükümü ve açılış hava basıncının tutulan splays çapını etkilediğini belirlemişlerdir.

Splays yöntemleri açısından Kaushik vd. [21] ıslak splaysın kuru splaya göre daha iyi sonuç verdiğini, splays kalitesinin sırasıyla polyester, polyester zengin karışımlar, viskon, pamuk ve yün ipliklere doğru azaldığını, kalın ring ipliklerinin en iyi splays özelliği kazandırdığını; Taşkın vd. [22] ve Hassen vd. [23] splays mekanizması tipinin, splays özelliklerini değiştirdiğini ve ıslak splaysın ek yerini mukavemet ve görünüm özelliklerini iyileştirdiğini; Taşkın vd. [24] havalı veya su püskürtmeli elastosplays kullanıldığında her iki sistem için de mukavemet azalmasının %20'nin altında olduğunu, iplik uç birleştirme havası arttığında mukavemetin ve uzamanın azaldığını, Uyanık [25] twin (mekanik) splays mekanizmasının pamuk lifi ve akrilik lif için en uygun olduğunu, rejenere selülozik lifler için ise en az uygun olduğunu, polyester elyaf için tüm splays mekanizmalarının kullanılabileceğini, en iyi splaysın ince iplikler için havalı splays, kalın iplikler için ise twin splays olduğunu; Uyanık [26] splays yöntemlerinin örme kumaşların patlama mukavemetine etkisi olmadığını ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada, farklı iplik numaraları açısından pamuk ve viskon hammaddeli iplikler için optimum splays yönteminin ortaya konulması amaçlanmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak Ne 50 ve Ne 60 ince numaralı ipliklerin splays yöntemleri açısından incelenmesinin literatüre önemli katkı sağlaması beklenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında Ne 20, Ne 30, Ne 40, Ne 50 ve Ne 60 olarak pamuk ve viskon hammaddeli ring iplikler (Ne 60 pamuk ipliği üretim sorunu nedeniyle temin edilememiştir) doğrudan işletme içi üretimden alınarak temin edilmiş ve söz konusu ipliklere Savio Polar IDLS bobin makinesinde havalı splays, ıslak splays ve twin (mekanik) splays mekanizmaları ile splays işlemi uygulanmıştır. Her bir mekanizmada kullanılan splays parametreleri Çizelge 1-2’de verilmiştir.

Her bir ipliğin splays öncesi ve sonrası kopma mukavemeti ve uzama değerleri Mesdan-Lab Splice Scanner-3 test cihazında TS 245 EN ISO 2062 standardına göre 250 mm ölçüm uzunluğu ve 100 m/dk test hızı ile on kez tekrarlı olarak ölçülmüştür. Splays öncesi ve sonrası test cihazında yapılan ölçüm sonuçları Çizelge 3’te gösterilmiştir.

Çizelge 1. Havalı ve ıslak splays parametreleri

Parametre	Değer
Uç hazırlama hava üfleme-T1	2
Üstüste binen uç uzunluk ayarı-L	10
Splays hava üfleme-T2	6
Hava basıncı-P	6 bar

T1- Hava üfleme süresi. 1–12 arası ayarlanır (1 en kısa hava üflemedir)

L- Üstüste binen uç uzunluğu. 1–12 arası ayarlanır. 1 minimum uç uzunluğunu (kısa splays); 12 maksimum uç uzunluğunu (uzun splays) verir.

T2- Hava üfleme, 1–12 arası ayarlanır (1 en kısa hava üflemedir)

Çizelge 2. Twin splays parametreleri

Parametre	Kod
Büküm açma (Untwisting-U)	5
Tekrar bükme (Re-twisting-R)	3
Çekim (Drafting-D)	2

U-R- 1 – 7 arası ayarlanır (1 en düşük mukavemet değeridir)

D- Splays çapını ayarlar. 0 – 4 arası ayarlanır (Çap 0’dan 4’e doğru azalır)

Çizelge 3. Splays öncesi ve sonrası ipliklerde mukavemet ve uzama değerleri

İplik cinsi	İplik Numarası	Mukavemet (cN/tex)				Uzama (%)			
		İplik*	Havalı	Islak	Twin	İplik*	Havalı	Islak	Twin
%100 pamuk	Ne 20	16,95	11,28	11,90	15,21	4,94	2,90	2,90	3,65
	Ne 30	15,03	12,12	12,54	14,96	3,31	2,33	2,41	2,79
	Ne 40	15,86	11,88	13,69	13,67	2,80	2,14	2,64	2,45
	Ne 50	17,03	12,58	14,09	15,71	2,79	1,76	2,29	2,44
%100 viskon	Ne 20	17,27	15,82	13,60	14,93	13,05	11,88	10,52	10,29
	Ne 30	16,05	15,47	12,41	11,66	12,26	11,68	8,63	6,87
	Ne 40	16,37	16,00	15,12	12,35	11,46	10,55	10,23	6,90
	Ne 50	16,49	14,62	14,74	10,87	11,11	10,16	9,45	4,77
	Ne 60	14,44	13,39	13,93	11,15	9,01	7,08	7,90	4,56

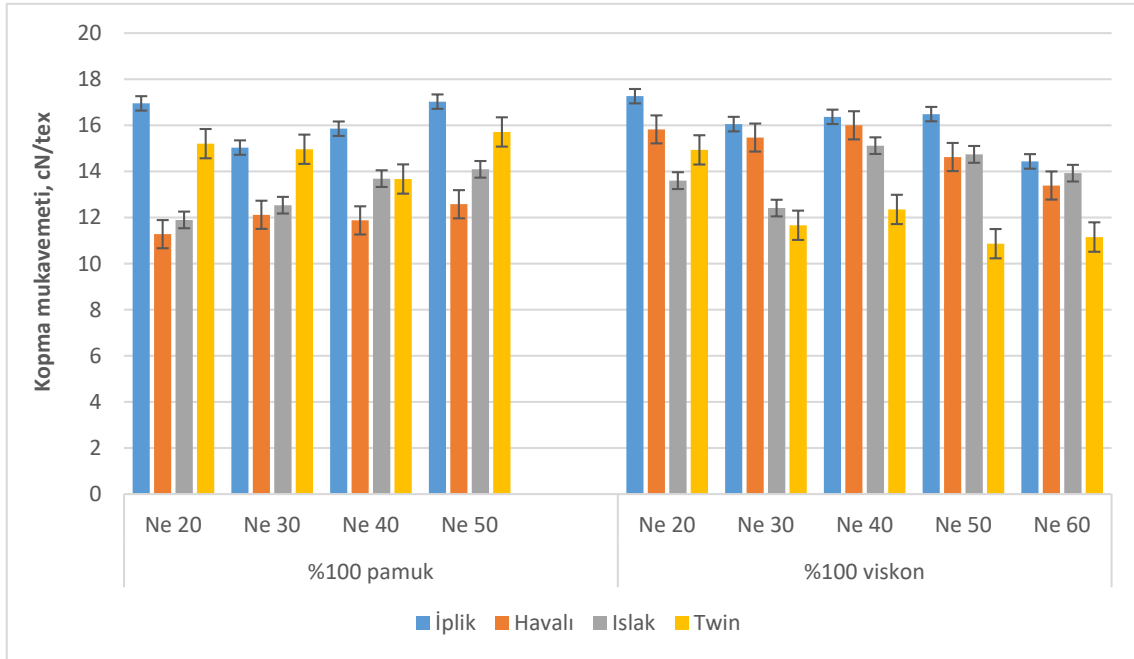
* Splays öncesi

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kopma mukavemeti

İpliklerin splays öncesi ve sonrası kopma mukavemeti değerleri Şekil 5'te verilen grafikte gösterilmiştir. Grafiğe göre %100 pamuk iplikleri için splays öncesi mukavemete en yakın değerleri twin splays mekanizması verirken en uzak değerleri havalı splays mekanizmasının verdiği, ıslak splays değerlerinin havalı splays değerlerine yakın ancak biraz daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Kumaş üretim aşamalarında iplik kopuşlarının önlenmesi için iplik splays bölgesindeki ortalama mukavemet azalmasının %20'den daha düşük olması şartını tüm iplik numaralarında sadece twin splays değerlerinin sağladığı, havalı splays için bu şartın sadece Ne 30 pamuk ipliği için, ıslak splays için ise Ne 20 pamuk ipliği hariç tüm iplik numaralarında sağlandığı tespit edilmiştir. Hatta Ne 30 pamuk ipliği için twin splays yönteminde kullanılan ipliğin mukavemet değeri neredeyse splays öncesi mukavemet değeri ile hemen hemen aynıdır. En olumsuz splays yöntemi Ne 20 pamuk ipliğinde splays öncesine göre %33,46 mukavemet azalması gösteren havalı splays yöntemi olmuştur.

Aynı grafikten %100 viskon iplikler için splays öncesi ve sonrası mukavemet değerleri incelendiğinde, %100 pamuk iplikleri için elde edilen sonuçların görülmediği ve Ne 20 viskon iplik hariç splays öncesi mukavemete en uzak değerleri twin splays yönteminin gösterdiği belirlenmiştir. Ne 20, Ne 30 ve Ne 40 viskon ipliklerde splays öncesine göre en yakın değerleri havalı splays değerleri verirken Ne 50 ve Ne 60 viskon ipliklerde ise havalı splays değerlerine çok yakın olan ıslak splays değerleri vermiştir. Splays öncesine göre %20'den daha düşük mukavemet değerleri havalı splays için gözlenmezken ıslak splays için Ne 20 ve Ne 30 viskon ipliklerde, twin splays için ise Ne 20 viskon iplik hariç tüm ipliklerde gözlenmiştir. Splays öncesine göre %34,09 düşüşle Ne 50 viskon iplik twin splays ile en olumsuz mukavemet değerini göstermiştir.



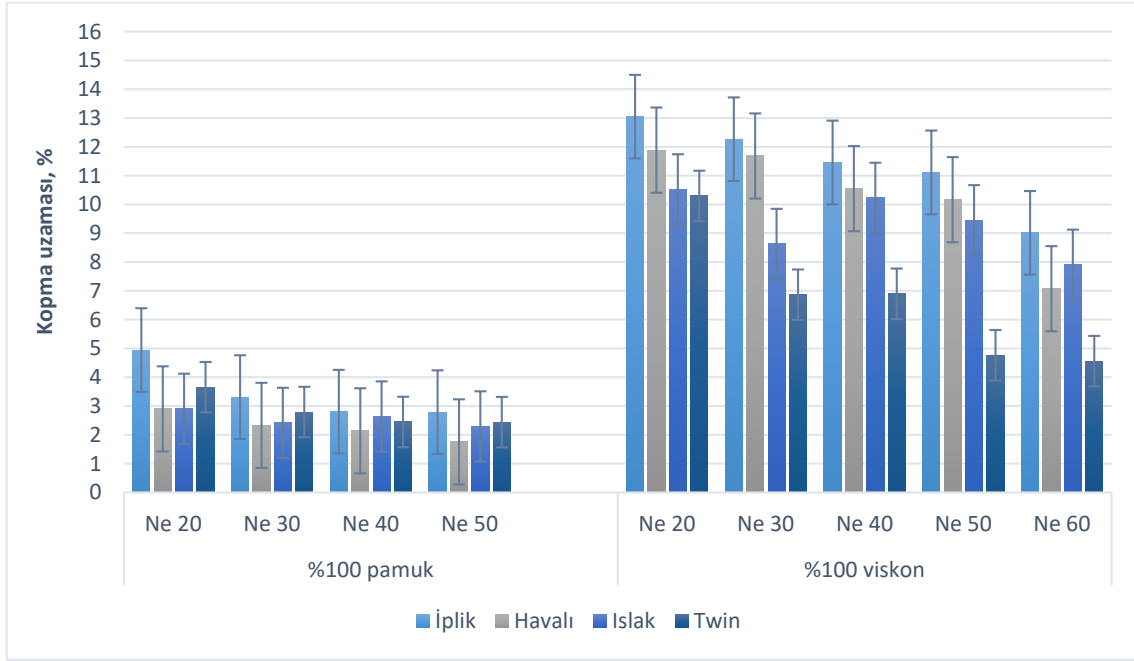
Şekil 5. İpliklerin splays öncesi ve sonrası kopma mukavemeti değerleri

3.2. Kopma uzaması

Şekil 6'da verilen splays öncesi ve sonrası kopma uzaması değerlerinin gösterildiği grafiğe göre %100 pamuk ipliklerde Ne 40 pamuk ipliği hariç tüm iplik numaralarında splays öncesi uzama oranlarına en yakın değerleri twin splays yönteminin verdiği görülmektedir. Ne 40 pamuk ipliğinde en

iyi kopma uzaması değerini ıslak splay yöntemi vermiştir. Ne 20 pamuk ipliğinde havalı ve ıslak splay değerleri aynı iken Ne 30 ve Ne 50 pamuk ipliklerinde havalı splay değerleri ıslak splay değerlerinden daha düşük olup splay öncesine göre en olumsuz sonucu göstermiştir. Splay bölgesindeki kopma uzama değeri azalması %20'den daha düşük olarak havalı splay için tüm iplik numaralarında, ıslak splay için Ne 20 ve Ne 30 pamuk ipliklerinde, twin splay için ise sadece Ne 20 pamuk ipliğinde gözlenmektedir. En fazla azalma %41,28 oranı ile Ne 20 pamuk ipliğinde hem havalı splay hem de ıslak splay için tespit edilmiştir.

%100 viskon ipliklerin splay öncesi ve sonrası kopma uzaması değerleri Şekil 6'da verilen grafikten incelendiğinde tüm iplik numaralarında oldukça belirgin şekilde twin splay değerlerinin splay öncesi değerlere göre çok düşük olduğu ve azalma oranlarının Ne 20 viskon iplikten Ne 60 viskon ipliğe doğru sırasıyla %21,12, %44, %39,77, %57,12 ve %49,4 olduğu görülmektedir. Ne 60 viskon iplik hariç tüm diğer ipliklerde havalı splay değerleri, splay öncesi değerlere en yakın sonucu vermiş olup azalma oranları %4,73 ve 8,92 değerleri arasında yani kabul edilen sınırlar içinde tespit edilmiştir. ıslak splay yöntemi ise Ne 60 viskon ipliğinde splay öncesine göre en yakın sonucu verirken Ne 20 ve Ne 30 viskon ipliklerde havalı splaya göre belirgin düşük, Ne 40 ve Ne 50 viskon ipliklerde ise havalı splay değerlerine daha yakın ama düşük değerler vermiş olup ıslak splay için en fazla azalma oranı %29,65 ile Ne 30 viskon iplikte gözlenmiştir.



Şekil 6. İpliklerin splay öncesi ve sonrası kopma uzaması değerleri

Tüm pamuk ve viskon iplikler birlikte incelendiğinde beklendiği şekilde, pamuk ipliklerin splay öncesi kopma uzaması değerlerinin viskon ipliklerin kopma uzaması değerlerine göre oldukça düşük olduğu ve dolayısıyla splay sonrası kopma uzaması değerlerinin de buna paralel olarak pamuk ipliklerinde daha düşük olduğu grafikten açıkça izlenmektedir. Ancak bu durum ipliklerin kopma mukavemeti değerleri açısından gözlenen bir durum olmayıp splay öncesi mukavemet değerleri tüm iplik numaralarında pamuk ve viskon ipliklerde birbirine yakındır ve splay sonrası değerler splay yöntemleri açısından farklılık gösterdiği için aynı iplik numaralı fakat farklı hammaddeli ipliklerde farklı splay değerleri elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, farklı iplik numaralarına sahip pamuk ve viskon ipliklerin havalı splays, ıslak splays ve twin (mekanik) splays yöntemleri açısından splays öncesine göre kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiş ve söz konusu iplikler için optimum splays yöntemi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışma sonuçları genel olarak kopma mukavemeti ve uzaması açısından %100 pamuk iplikler için en uygun splays yönteminin twin splays, en uygunsuz splays yönteminin havalı splays olduğunu, ıslak splays yönteminin ise havalı splays yöntemine yakın ama daha iyi olduğunu ancak Ne 40 ve Ne 50 gibi ince ipliklerde havalı splays ile ıslak splays yöntemleri arasındaki farkın açılarak ince ipliklerde ıslak splays yönteminin çok daha uygun olduğunu ortaya koymuştur.

%100 viskon ipliklerde ise pamuk ipliklerin aksine en uygun splays yöntemi havalı splays iken en uygunsuz splays yöntemi twin splays yöntemidir. Kopma mukavemeti açısından havalı splays yöntemine yakın sonuçlar gösteren ıslak splays yöntemi Ne 20-40 arası ipliklerde daha uygunsuz iken Ne 50 ve Ne 60 ipliklerde daha iyi sonuçlar vermiştir. Kopma uzaması açısından ise havalı splays ve ıslak splays yöntemleri arasında mukavemet sonuçlarında elde edilen yakın değerler görülmeyp aradaki fark kalın ipliklerden ince ipliklere doğru azalmıştır.

Kaynaklar

- [1] <http://textilecentre.blogspot.com.tr/2014/01/different-splicing-systems-used-in.html> (Online: 06.06.2022)
- [2] https://schlafhorst.saurer.com/fileadmin/Schlafhorst/pdf/Spulen/ACX5_Brochure_Saurer_en.pdf. (Online: 06.06.2022)
- [3] Taşkın C, Baykaldı B, Gürkan P. The comparison of pneumatic and injection elastosplicers for cotton/elastane yarns in winding process. *Textile and Clothing* 2006; 3: 185-189.
- [4] Issa K, Grütz R. New technique for optimising yarn-end preparation on splicer, and a method for rating the quality of yarn end. *AUTEX Research Journal* 2005; 5: 1-19.
- [5] <http://textilesindepth-textilewinding.blogspot.com/2010/09/splicing.html> (Online: 06.06.2022)
- [6] <https://www.ategroup.com/news-and-media/Splicing-solutions-from-Savio/>(Online: 06.06.2022)
- [7] <https://youtu.be/x51KmhTmyRM> (Online: 06.06.2022)
- [8] <https://www.textileexcellence.com/news/splicing-solutions-from-savio/>(Online: 06.06.2022)
- [9] Hassen MB, Jaouachi B, Sahnoun M, Sakli F. Mechanical properties and appearance of wet-spliced cotton/elastane yarns. *Journal of Textile Institute* 2008; 99 (2): 119-123.
- [10] Cheng KPS, Lam HLI. Strength of pneumatic spliced polyester/cotton ring spun yarns. *Textile Research Journal* 2000; 70 (3): 243-246.
- [11] Cheng KPS, Lam HLI. Physical properties of pneumatically spliced cotton ring spun yarns. *Textile Research Journal* 2000; 70 (12): 1053-1057.
- [12] Webb CJ, Waters GT, Thomas AJ, Liu GP, Thomas C. The influence of yarn count on the splicing of simple continuous filament synthetic yarns. *Textile Research Journal* 2007; 79 (3): 195-204.
- [13] Lewandowski S, Drobina R. Strength and geometric sizes of pneumatically spliced combed wool ring spun yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2004; 12 (2): 31-37.
- [14] Celik HI, Kaynak HK., Effect of fiber blending ratios of cotton/polyester yarns on retained splice diameter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017; 254 142005.
- [15] Jaouachi B, Ben Hassen M, Sahnoun M. Evaluation of wet pneumatically spliced elastic denim yarns with fuzzy theory. *Journal of Textile Institute* 2010; 101: 111-119.
- [16] Wu Z, Shi P, Chen S, Jin Y, Hu X. Study on effects of structural parameters on untwisting performance in pneumatic yarn splicing. *Textile Research Journal* 2015; 85 (17): 1776-1788.

- [17] Dash JR, Ishtiaque S M, Alagirusamy R. Properties and processibility of compact yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 2002; 27 (4): 362-368.
- [18] Das A, Ishtiaque SM, Parida JR. Effect of fiber friction, Yarn twist and splicing air pressure on yarn splicing performance. *Fibers Polymers* 2005; 6 (1): 72-78.
- [19] Nawaz M, Farooq A, Tosief M, Shahbaz B. Effect of some splicing variables upon strength characteristics of polyester/cotton blended yarns. *Journal of Agriculture and Social Sciences* 2005; 1 (1): 35-37.
- [20] Gurkan Unal P, Ozdil N, Taskin C. The effect of fiber properties on the characteristics of spliced yarns: Part I: Prediction of spliced yarns tensile properties. *Textile Research Journal* 2010; 80 (5): 429-438.
- [21] Gurkan Unal P, Arıkan C, Ozdil N, Taskin C. The effect of fiber properties on the characteristics of spliced yarns: Part II: Prediction of retained spliced diameter. *Textile Research Journal* 2010; 80 (17): 1751-1758.
- [22] Kaushik RCD, Sharma IC, Hari PK. Effect of fiber yarn variables on mechanical properties of spliced yarn. *Textile Research Journal*, 1987; 57: 490-494.
- [23] Taskin C, Baykaldı B, Gurkan P., Elastan karışımli ipliklerin bobinlenmesinde iplik uç birleştirme (splicing) işlemini etkileyen parametrelerin incelenmesi, TUBİTAK TAM Projesi, 2004.
- [24] Hassen MB, Jaouachi B, Sahnoun M, Sakli F. Mechanical properties and appearance of wet-spliced cotton/elastane yarns. *Journal of Textile Institute* 2008; 99 (2): 119-123.
- [25] Taşkın C, Baykaldı B, Gürkan P. The comparison of pneumatic and injection elastosplicers for cotton/elastane yarns in winding process. *Textile and Clothing* 2006; 3: 185-189.
- [26] Uyanık S. A research on determining optimum splicing method in terms of fiber types and yarn count. *Tekstil ve Konfeksiyon* 2019; 29 (1): 22-33.
- [27] Uyanık S, Analysis of splicing method on bursting strength of the knitted fabrics, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2020; 35 (4), 959-968.

INVESTIGATION OF THE THERMAL COMFORT AND SURFACE PROPERTIES OF 3/1 Z TWILL WOVEN DENIM FABRICS

Esra TAŞTAN ÖZKAN^{1*}, Funda BÜYÜK MAZARI²

¹Bitlis Eren University, Fine Arts Faculty, Traditional Turkish Arts , Bitlis, 13000, Türkiye

²Liberec Technical University, Engineering Faculty, Textile Engineering Department, Liberec, Czech Republic

Geliş Tarihi/Received Date: 21.06.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 27.10.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1133604

ABSTRACT

Denim fabrics are very preferred in recent years because it is easy to use and does not require ironing. But there is a limited study about the thermal and sensorial comfort of denim fabrics in the literature. The aim of this paper is to investigate the effect of the denim fabric composition on thermal comfort and sensorial comfort properties of denim fabrics. For this purpose, air permeability, thermal comfort, and water vapour permeability properties of 3/1 Z twill woven denim fabrics have been examined. Also, the Kawabata KES-FB4 system was used for the evaluation of the surface properties of fabric samples. It was found that the fabric with high surface roughness (F2) had a low thermal absorptivity value, and the fabric with low surface roughness (F3) had a high thermal absorptivity value. On the other hand, the lowest friction coefficient (MIU) was found in the lowest thickness value F4 coded fabric.

Keywords: Denim, Thermal comfort, Water vapour permeability, Kawabata KESFB, Surface roughness

3/1 Z DİMİ DOKUMA DENİM KUMAŞLARIN ISIL KONFOR VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Denim kumaşlar, jean olarak tanımlanan pantolonların üretiminde kullanılan, çok tercih edilen bir üründür. Çünkü özellikle günlük giyimde ütüye gerek duyulmadan kolay kullanım özellikleri sağlar. Ancak literatürde denim kumaşların termal ve dokunsal konforu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu makalenin amacı, denim kumaşların termal konfor ve dokunsal konfor özelliklerine denim kumaş kompozisyonunun etkisini araştırmaktır. Bu amaçla 3/1 Z dimi dokumalı denim kumaşların hava geçirgenliği, ısı konforu ve su buharı geçirgenlik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca test edilen kumaş numunelerinin yüzey özelliklerinin değerlendirilmesi için Kawabata KES-FB4 sistemi kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü yüksek olan kumaşın (F2) düşük ısı soğurma değerine sahip olduğu, düşük yüzey pürüzlülüğüne (F3) sahip olan kumaşın ise yüksek ısı soğurma değerine sahip olduğu bulunmuştur. En düşük sürtünme katsayısı (MIU) ise en düşük kalınlık değerine sahip olan F4 kodlu kumaşta bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Denim, Termal konfor, Su buharı geçirgenliği, Kawabata KESFB, Yüzey pürüzlülüğü

1. Introduction

Denim fabrics are preferred because they are easy to use, need no ironing, and provide wear comfort to users. Denim is produced with 3/1 and 2/1 twill structures with indigo dyed warp and white weft yarns, having weights of 14.5 ounces per square yard [1]. Denim fabrics are used especially in the manufacture of overalls and trousers which has good durability and comfort properties for this reason

e-posta¹ : etastan@beu.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8950-6048> (Sorumlu Yazar)

* e-posta¹ : fundabuyukmazari@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5316-5154>

denim jeans are extremely popular for leisurewear. Denim fabrics are the name given to the fabrics that are mostly dyed with warp indigo dye and weft are produced in white colour. For this reason, one side of the material is seen with the blue warp threads and the other side is seen with white weft threads. Denim jeans are produced using the yarn called elastic core-spun yarn in order to provide comfort and freedom of movement to the wearer. This yarn consists of a hard, textured or elastic filament in the center covered with cut natural, man-made or synthetic fibers [2]. Nowadays, a double core yarn, defined as dual-core, has been developed in order to improve the recovery properties of elastic yarns. These yarns are especially preferred in denim fabric production, as they cause improvement in elasticity and growth properties. These yarns consist of a combination of a softcore such as elastane at the center with a hardcore such as polyester or PBT [3].

Denim fabrics are subjected to processes such as dyeing, finishing, and coating to satisfy the expectancy of people from fashion, but this duration influences some comfort characteristics like permeability. Thermophysiological comfort is correlated with the heat and moisture transmission characteristics of the clothes, as well as the interaction of the fabric with the skin. The most preferred method of producing denim clothes with better thermal comfort is the production of denim with different fiber compositions [4]. Although denim fabrics are popular, there are not many studies on comfort properties and especially tactile comfort properties.

Tactile comfort is the feeling that results from the touch of the fabric on the skin and is expressed in terms such as softness, smoothness, wetness, and itching. These descriptors may relate to the quantity of surface fibers and contact points, evaluate fabric, mechanical and surface properties, containing wet adhesion to the surface. Tactile comfort is influenced by fiber properties, yarn construction, fabric construction, and finishing applied to the fabric. The KES-FB measurement system developed by Kawabata and Niwan was used to estimate human tactile sensations by using mechanical measurements of fabrics [5]. Previous studies have revealed that surface properties are parameters that contribute strongly to the perceived touch of the fabric compared to other properties [6]. Kawabata KES-FB4 system was used for the measurements of geometrical surface roughness (SMD) and coefficient of friction (MIU) values of fabrics. SMD was identified as the average deviation of surface roughness of the fabric which unit is micrometer (μm). MIU represents the smoothness, roughness, and crispness of the fabric as well as the friction coefficient of the fabric surface. SMD value measures the geometric roughness value of the fabric and the lower the SMD value, the smoother the fabric surface [7].

In a study investigating the properties affecting the warm-cool feeling in cotton denim fabrics, it was observed that fabrics produced with a finer yarn count were measured cooler than the others. In addition, the washing process creates a feeling of coolness, but the washing process has a negative effect on the thickness, bulk density, and coating factor [8]. The effects of visual and tactile factors on consumers' purchasing process of denim bottom garments showed that dark denim prices are perceived as high and consumers evaluate the thermophysiological and tactile comfort properties of denim trousers by using their fingers. In addition, it has been shown that social, psychological, and sensory pleasures are also taken into account when determining the comfort characteristics of a denim product [9]. In a study investigating the thermal comfort of denim fabrics under dynamic humid conditions, a model was developed for the development of garments with higher thermal resistance under wet conditions. They explained that denim manufacturers will be able to produce garments that provide great benefits to users by making use of the findings obtained from this model [10]. The impact of fabric structural properties on thermal and air permeability features of denim fabrics were investigated in a study. It was concluded that properties such as fiber type, yarn structure and fabric thickness affect thermal comfort [11]. Jamshaid et al. [12] compared areal density, fabric thickness, air permeability, thermal insulation, and liquid moisture management features of a group of woven and knitted denim fabrics. The results showed that moisture management, thermal resistance, and air permeability results of knitted denim fabrics are higher than woven denim fabrics. The thermal comfort features of cotton and cotton/elastane denim fabrics were investigated and less thermal conductivity, absorptivity, and resistance results were observed in elastane composition fabric samples. Adding elastane to denim fabrics increases the thermal resistance of samples and gives a warm feeling and increases the water vapor resistance of fabric specimens [13]. Hosen et al. [14] investigated the effect of different softeners on the thermal and comfort

features of stretch denim fabrics. Different types of enzymes and softeners were applied to %98 cotton and %2 elastane including denim fabric. The results demonstrated that the water vapor permeability values are higher when non-ionic softeners are used than in both enzyme washing and stone enzyme washing, while the thermal conductivity is lower when non-ionic and anionic softeners are used.

Güneşoğlu [15] investigated the effects of hydrophilic polyurethane coating on denim fabric's physical and comfort properties. It was concluded that the coating process affects the abrasion resistance, tensile strength, air permeability, water vapor permeability, and contact angle values of denim fabrics. The performance and comfort characteristics of laminated and raised denim woven fabrics were researched and some tests were applied to fabric samples such as; fabric thickness, air permeability, and water vapor permeability. It was concluded that the raising operation increases the air permeability properties of the fabric sample. It was declared that because of sealing operation the air permeability results of laminated fabrics measured zero [16]. In another study, the tactile comfort of denim fabrics from the perspective of mechanical properties and sensory properties was investigated. Softness, roughness, and tactile comfort properties were assessed by experts and consumers using subjective evaluation scales. The results emphasized that low-tensile mechanical properties were highly correlated with perceived tactile comfort and stone washing was the most efficient way of developing tactile comfort compared to enzyme washing [17]. Tactile comfort properties of different types of denim fabrics were measured with the FTT (Fabric Touch Tester) test device and sensory evaluations with a questionnaire. Cotton was used on the front side of the fabric and composition fibers were used with contact to the skin side. The result showed that the fibre type, weaving type and weft yarn count affect the tactile comfort properties of denim fabrics [18].





There are some studies about the physical features of denim fabrics in the literature but there is limited work on the thermal and tactile comfort features of denim fabrics with different compositions. This paper deals with air permeability, thermal comfort, water vapour permeability, and surface properties of 3/1 Z twill weaved denim fabrics. Contribution to previous studies, denim fabric's surface properties were carried out by using Kawabata FB4 measuring device.

2. Material and Method

Table 1 shows the properties of 3/1 Z twill weaved denim fabric samples. In this study, four fabrics were used, one without elastane and the other three with elastane. One of the fabrics containing elastane is dual-core and the other two are core-spun yarns. Core-spun yarns got this name because elastane is in the centre of the yarn. The yarn specified as dual-core consists of Elastomultiester (EME) and elastane and it is produced by feeding EME and Elastane together into the centre of the yarn. The tested fabrics were conditioned under the standard atmospheric conditions which are $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ temperature and $65\pm 2\%$ relative humidity for 24h. The thickness values of the fabrics were measured according to ASTM D1777 using a James Heal R&B cloth thickness tester. Depending on the thickness values of the fabrics, the volume of 1 m^2 fabric was calculated in cm^3 . The fabric density in gr/cm^3 was found by dividing the calculated fabric weight by the volume value. By using the SDL Atlas air permeability measuring device, the air permeability tests were carried out under 100 Pa pressure in a 20 mm² test area according to the ASTM D737-04 (2012) standard. The Alambeta tester is designed for the measurement of static and dynamic thermal properties of textile structures. The Alambeta tester generally consists of a measuring head and a base on which the sample is placed. Properties of fabrics such as thermal conductivity, thermal resistance, and thermal absorbency were measured using the Alambeta test device [19]. Permetest device is a new device that is used to quickly measure the water vapour, thermal resistance, and relative water vapour permeability properties of smooth fabric structures (fabric, non-woven surface, and paper) without damaging the sample [20]. The relative water vapour permeability results of fabrics were tested with the Permetest test device according to ISO 9920 testing standard. The measuring head is covered with the semi-permeable foil, while the test sample is placed on the curved moistened porous surface and exposed to the parallel airflow of adjustable velocity [21]. The coefficient of friction (MIU), mean deviation of MIU (MMD), and surface roughness (SMD) values

of fabrics were measured with the Kawabata KES-FB4 measurement system. Measurements were made using the ISO 4287:1997 “Geometric Product Properties- Surface Texture: Profile Method Terms, Definitions and Surface Texture Parameters” standard. This system allows measuring the friction force as the fabric passes under the metallic friction head. With the help of this device, hand movements in the form of slipping from the fabric surface made by experts while evaluating the fabric texture can be simulated and objective measurement results can be obtained. ANOVA (single factor variance) analyses were used to determine the statistical significance of the fabric types and to deduce whether the parameters were significant or not, the p values were examined. If the p-value of a parameter was greater than 0.05 ($p > 0.05$), the parameter was not investigated further.

Table 1. Fabrics used in the experiments

Fabric Code	Warp Yarn Count (Ne)	Weft Yarn Count (Ne)	Composition	Warp Ends (cm)	Picks (cm)	Weight (gr/m ²)	Thickness (mm)	Density (g/cm ³)
F1	7.6/1 Cotton	6/1 Cotton	%100 Cotton 	24	19	396	0.69	0.57
F2	9.4/1 Cotton	12/1 DualCore	%95 Cotton, %3.5 EME, %1.5 Elastane 	32	17	295	0.62	0.47
F3	10/1 Cotton	13.1/1 Corespun	%97 Cotton %3 Elastane 	34	20	326	0.56	0.58
F4	10/1 Cotton	13/1 Corespun	%98 Cotton, %2 Elastane 	31	22	311	0.52	0.59

3.Results and Discussion

3.1.Air Permeability

The structural properties of the woven fabric and the finishing process exerted on the fabric affect the air permeability properties. To be detailed, fabric structure, fabric density, yarn twist amount, yarn count, yarn type especially the fabric porosity and thickness type affect the air permeability of woven fabrics. The air permeability of textile fabric structures is determined by the airflow rate passing through a material with the effect of the pressure difference between the two fabric surfaces [22]. Figure 1 shows the air permeability values of tested fabrics. When we compare the same yarn count of F3 and F4 fabrics, F3 fabric showed a higher air permeability value because of lower picks number per cm and lower density value. It supports previous work, when the number of filling yarns per centimeter decreases, the air permeability of the woven increases [23]. When the fabric that does not contain elastane is compared with the fabrics containing core-spun and dual-core, the lowest air permeability value was seen in the fabric without elastane (F1). Additionally, there was no significant relationship between elastane content and air permeability between fabrics produced from dual-core and core-spun. For this reason, it can be said that the parameters affecting air permeability are structural parameters rather than composition in this study. The highest weight F1 coded fabric showed the lowest air permeability value. This supports previous studies that air permeability decreases as weight increases [24]. The ANOVA test results supported that fabric type had an important effect on the air permeability of denim fabrics (Table 2).

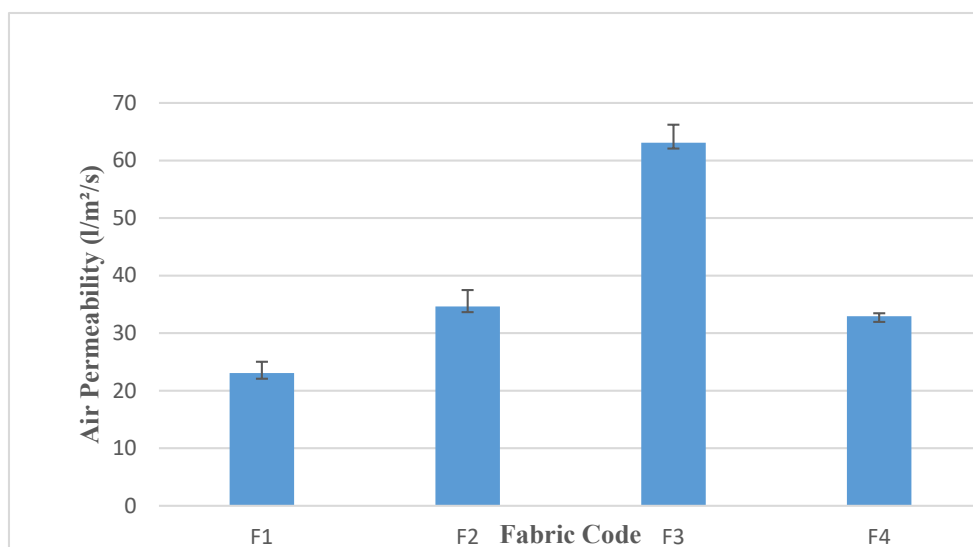


Figure 1. Air permeability values of the fabrics

Table 2. Anova table for air permeability results

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4438.746	3	1479.582	267.133	.000
Within Groups	88.620	16	5.539		
Total	4527.366	19			

3.2. Thermal Conductivity

The thermal conductivity of a material depends on its ability to conduct heat. The thermal conductivity values of fabrics are calculated according to the equation (1):

$$\lambda = Q / (F \cdot \tau \cdot \Delta T / \sigma) \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (1)$$

Where; Q conducted heat amount, F area of which the heat conducted, τ time of heat was conducted, ΔT drop of temperature, and σ fabric thickness [25]. The thermal conductivity values of tested fabrics were given in Figure 2.

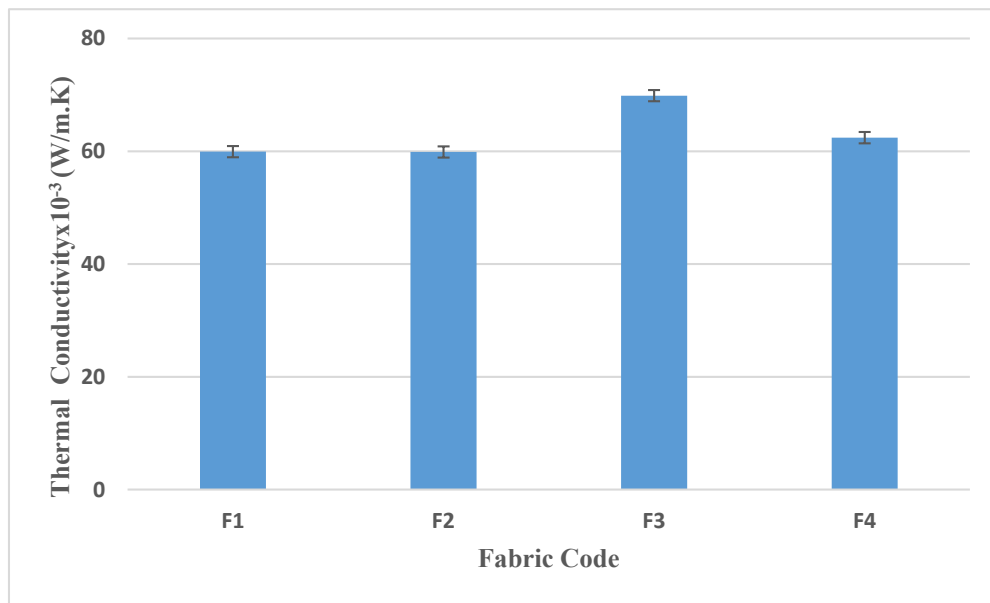
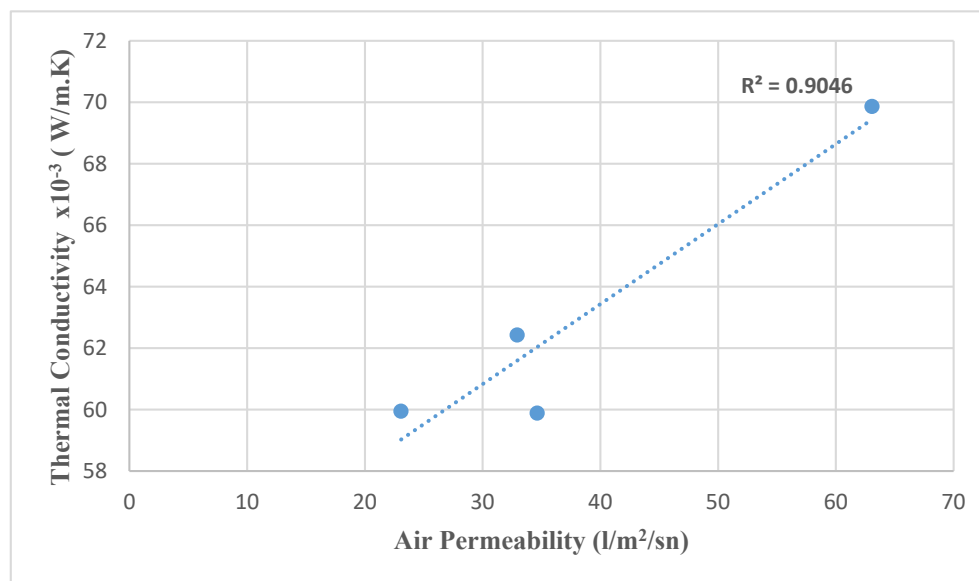


Figure 2. Thermal conductivity values of the fabrics

The thermal conductivity results of fabrics were close to each other because all fabrics were produced with cotton warp yarn. The thermal conductivity value of the fabric produced with F2 coded dual-core yarn was found to be equal to the F1 coded fabric made of 100% cotton. The fabric with the highest thermal conductivity test result was 97% Cotton, and 3% Elastane added fabric (F3), which also had the highest air permeability test result. When we compare F3 and F4 cotton and elastane included fabrics, the higher elastane composition F3 coded fabric showed a higher thermal conductivity value. The relationship between thermal conductivity and air permeability were given in Figure 3. The correlation coefficient is 0.90 here which means there is a good relationship between thermal conductivity and air permeability. As in previous studies, it has been shown that the increase in air permeability also increases the thermal conductivity value [26]. Because fibrous materials are composed of entrapped air and fibres. Stagnant air is defined as the amount of air held in the fabric's internal structure. Since the thermal conductivity value of stagnant air is less than the fibres, the amount of stagnant air is one of the important factors affecting the thermal conductivity value of textile structures ($\lambda_{\text{air}} = 0.025$) [27]. The ANOVA test results supported that fabric type had an important effect on the thermal conductivity of denim fabrics (Table 3).

Table 3. Anova table for thermal conductivity test results

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	332.457	3	110.819	5.756	.007
Within Groups	308.020	16	19.251		
Total	640.477	19			

**Figure 3.** Relationship of AP and thermal conductivity of fabrics

3.3. Thermal Absorptivity

Based on the study of Yoneda and Kawabata, the temperature of the external environmental conditions was ignored and the thermal absorptivity definition was revealed based on the thermal and non-thermal properties of the fabric [19]. The thermal absorptivity results of samples were given in Figure 4. Fabrics with a higher thermal absorption value felt cooler on first contact with the skin than fabrics with a lower thermal absorption value. The most important factor affecting this is the fabric surface character and thermal absorption can be calculated according to the following:

$$b = \sqrt{(\lambda \cdot \rho \cdot c)} \text{ W} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-1} \quad (2)$$

Where: λ thermal conductivity, ρ fabric density, and c the specific heat of fabric [28]. The highest thermal absorption results were evaluated in the highest thermal conductivity and density values of cotton and elastane woven fabrics (F3 and F4). This is most likely due to fabrics that contain less entrapped air having higher thermal absorptivity values. The yarn count of F3 and F4 coded fabrics was almost the same because elastane composition was higher, F3 coded fabric showed a higher thermal absorptivity value. Elastomultiester fiber is a multi-component fiber and its chemical structure includes

40% polyester (3-GT type) and 60% polyester (2-GT type). For this reason, when these two different polyesters are exposed to heat, they shrink at different degrees and show elasticity. The lowest thermal absorptivity value was seen in %95 Cotton, %3.5 EME, %1.5 Elastane including dual-core weft yarn weaved fabric (F2). This means these fabrics feel warmer than the other fabrics according to Alambeta test results. Although all fabrics were produced with cotton as raw material, the thermal absorptivity value of this fabric was lower due to the presence of EME fiber, that is, a polyester-containing fiber in the fabric [29]. The ANOVA test results supported that fabric type had an important effect on the thermal absorptivity of denim fabrics (Table 4).

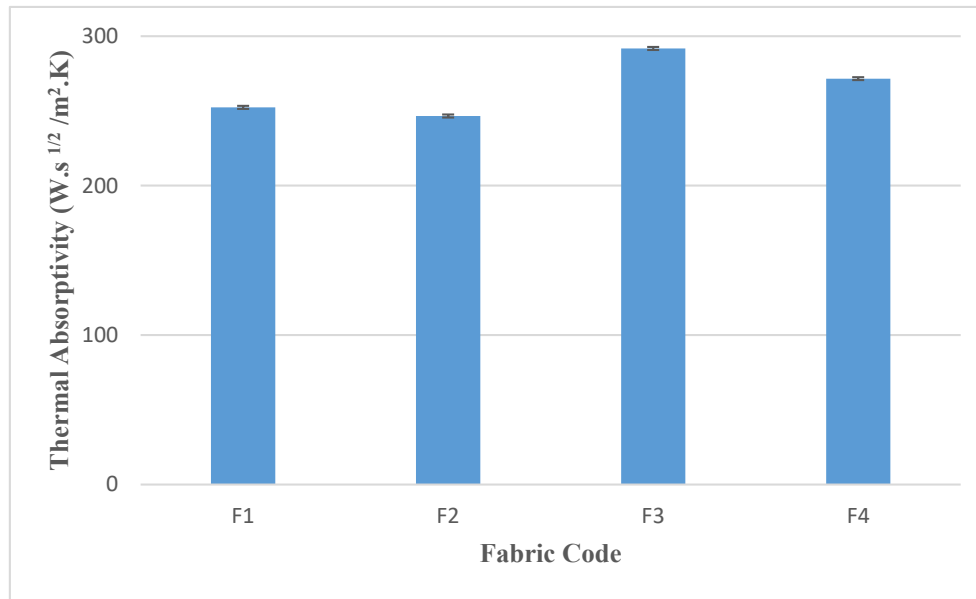


Figure 4. Thermal absorptivity values of fabrics

Table 4. Anova table for thermal absorptivity test results

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6288.400	3	2096.133	3.556	.038
Within Groups	9430.400	16	589.400		
Total	15718.800	19			

3.3. Thermal Resistance

Thermal resistance is the most important feature that determines the heat flow from the body in different climatic conditions. In cold climate conditions, it is desirable to reduce the heat flow from the body by using fabrics with high thermal resistance. In a given climatic condition, if the thermal resistance of the garment is small, the heat energy will gradually decrease with a feeling of coolness [30]. The thickness and thermal conductivity ratio of the fabric are effective in the measurement of thermal resistance, and this value is calculated according to the equation below [31]:

$$R = h/\lambda \quad \text{m}^2\text{K.W}^{-1} \quad (3)$$

The thermal resistance test results of samples were shown in Figure 5. The thermal resistance value changes directly proportional to the thickness of the fabric and inversely proportional to the thermal conductivity value. In addition, the primary determinant of thermal resistance is fabric thickness [32]. The highest thermal resistance values were seen in the highest thickness F1 cotton and F2 Cotton and dual-core weft yarn weaved fabrics. The highest air permeability, thermal conductivity and thermal absorptivity value, F3 coded fabric showed the lowest thermal resistance value. This can be explained with the higher density of this fabric. As a result of the increase in fabric density, the thermal resistance value of the fabric will decrease. The greater amount of entrapped air in fabrics acts as a barrier to thermal transmittance. When we compare F3 and F4 fabrics, F4 coded fabric showed a higher thermal resistance value because of the lower thermal conductivity value. The ANOVA test results supported that fabric type had an important effect on the thermal resistance value of denim fabrics (Table 5).

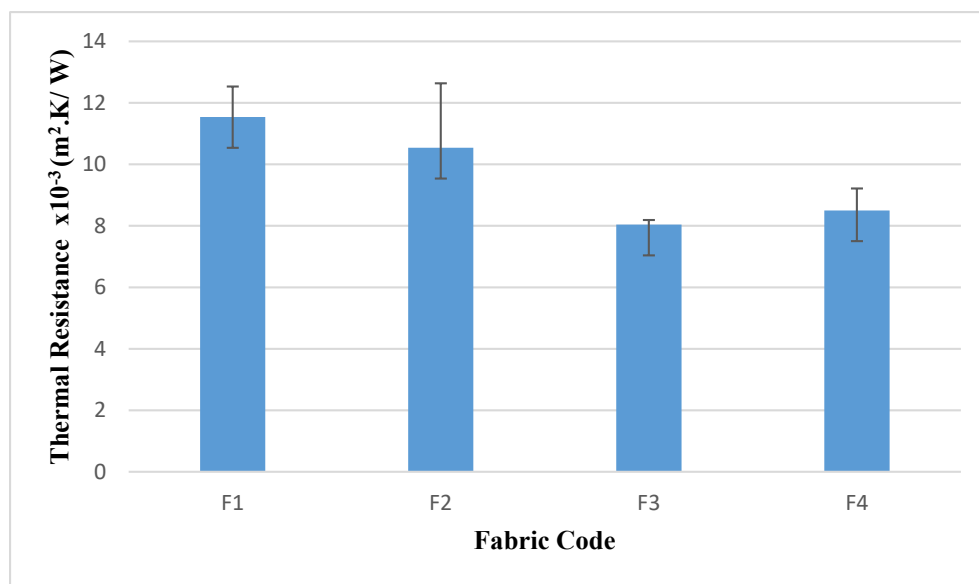


Figure 5. Thermal resistance values of fabrics

Table 5. Anova table for thermal resistance test results

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.393	3	13.798	9.332	.001
Within Groups	23.656	16	1.479		
Total	65.049	19			

3.5. Relative Water Vapour Permeability

Water vapour permeability is the capability to transmit vapour from the body to the outer surface. The relative water vapour permeability (RWVP) has been calculated according to the below equation:

$$RWVP = 100 \cdot U_s / U_0 \quad (4)$$

Where: U_s the ratio of heat loss from the measuring head with a fabric sample, U_o the ratio of heat loss from the measuring head without a fabric sample [33]. The water vapour permeability values of fabrics were given in Fig. 6. The highest relative water vapour permeability value was seen in the lowest density value F2 coded dual-core weft yarn including fabric. This may be attributed to lower mass per square meter and thickness which causes the water vapour to pass easily through the fabric. The same warp yarn count F3 and F4 coded fabrics showed a close relative water vapour permeability value but F4 coded lower weight and thickness fabric showed a higher relative water vapour permeability value. Fabric thickness is one of the important parameters affecting the water vapour permeability value and as the material thickness increases, the water vapour permeability decreases. The highest thickness and weight value F1 coded fabric showed the lowest water vapour permeability value. As the water vapour permeability value of the fabrics increases, sweat evaporates and it becomes easier to be discharged from the human body to the outside. This means the highest water vapour permeability fabrics felt more comfortable and sweat in vapour form can be transferred to the outer surface of the fabric more easily. The ANOVA test results supported that fabric type had an important effect on the relative water vapour permeability value of denim fabrics (Table 6).

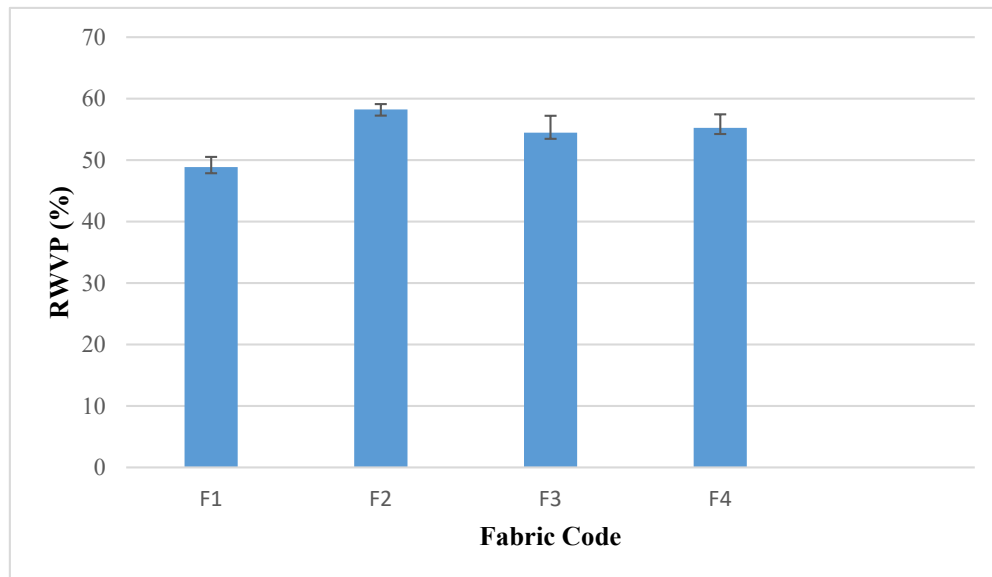


Figure 6. Relative water vapor permeability values of fabrics

Table 6. Anova table for relative water vapour permeability test results

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	137.553	3	45.851	11.482	.003
Within Groups	31.947	8	3.993		
Total	169.500	11			

3.6. Surface Properties

Kawabata has formed some terms for determining the tactile comfort of fabrics from mechanical measurements of fabrics. For the measurement of these mechanical properties, four devices were produced in cooperation with Kato Ironworks. With the help of these devices tensile, shear, bending, compression, and surface characteristics of fabrics can be measured. In this study, the fabric surface properties were emphasized and the surface properties of fabrics were measured with the Kawabata KES-FB measurement system. KES-FB measures geometrical roughness successfully and the KES-FB4 system is used for SMD (mean deviation of surface roughness) measurements. Also, MIU (coefficient of friction) and MMD (mean deviation of MIU) parameters were taken from the KES-F4 measurement system. Fabrics with lower MIU and SMD values often show better surface features [7]. MIU is associated with the slipperiness sensed when touching the surfaces of objects, and a higher MIU result indicates lower slipperiness [34]. The highest coefficient of friction value (MIU) was shown in F3 the highest warp and weft setting value fabric, this means that fabric warp and weft setting value increases, and MIU value also increases. The lowest coefficient of friction value (MIU) was seen as the lowest thickness value fabric (F4) which means this fabric is more slippery than others. The ANOVA test suggested that there wasn't a significant difference between the coefficient of friction value (MIU) of fabrics ($F = 0.414$, $p = 0.748 > 0.05$).

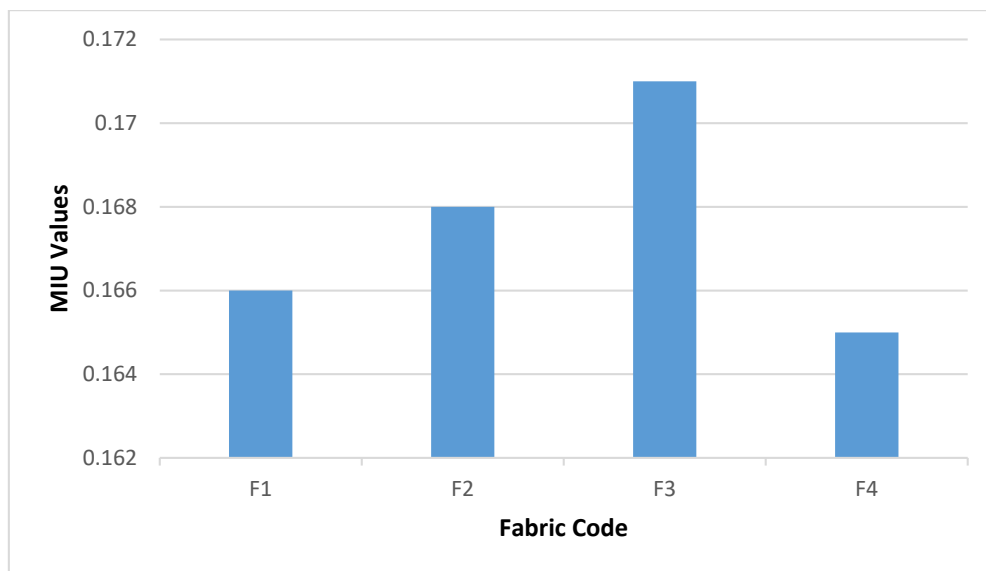


Figure 7. MIU values of fabrics

The surface roughness (SMD) values of fabrics were given in Figure 8. The highest surface roughness value was shown in F2 the lowest weight and density value fabric. Kim et al. (2005) declared that there was an inverse relationship between geometrical roughness, perceived softness, and warmth of touch. They find $SMD = -0,683$. perceived softness and $SMD = -0,725$. warmth of touch [5]. This means that a rougher surface provides a cooler and rougher touch. F2 coded fabric was woven with dual-core weft yarn. The results showed that the surface roughness value of F2 coded fabric was higher than the other fabrics. In other words, this fabric has a cooler and rougher handle than others. On the contrary, this fabric was measured with the lowest thermal absorptivity value according to Alambeta test results. The lowest SMD value was shown in F3 coded the highest thermal absorptivity value fabric. This means that this fabric has a low geometric roughness value and can be said to feel softer. In this study, the SMD value of the fabric with a high thermal absorptivity value was found to be low, while the SMD value of the fabric with a low thermal absorptivity value was found to be high. The screenshot of the Kawabata test system was given in Figure 9. The ANOVA test results supported that fabric type had an important effect on the surface roughness value of denim fabrics (Table 7).

Table 7. Anova table for surface roughness test results

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.507	3	1.502	18.546	.001
Within Groups	.648	8	.081		
Total	5.155	11			

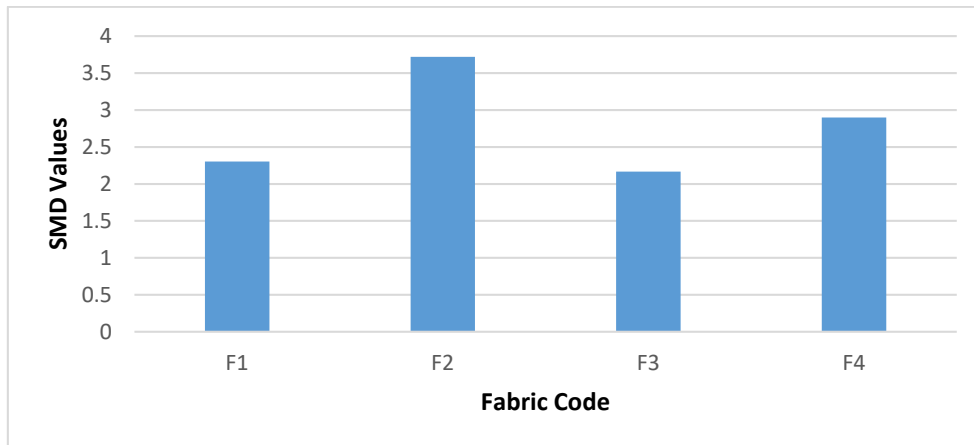


Figure 8. SMD values of fabrics

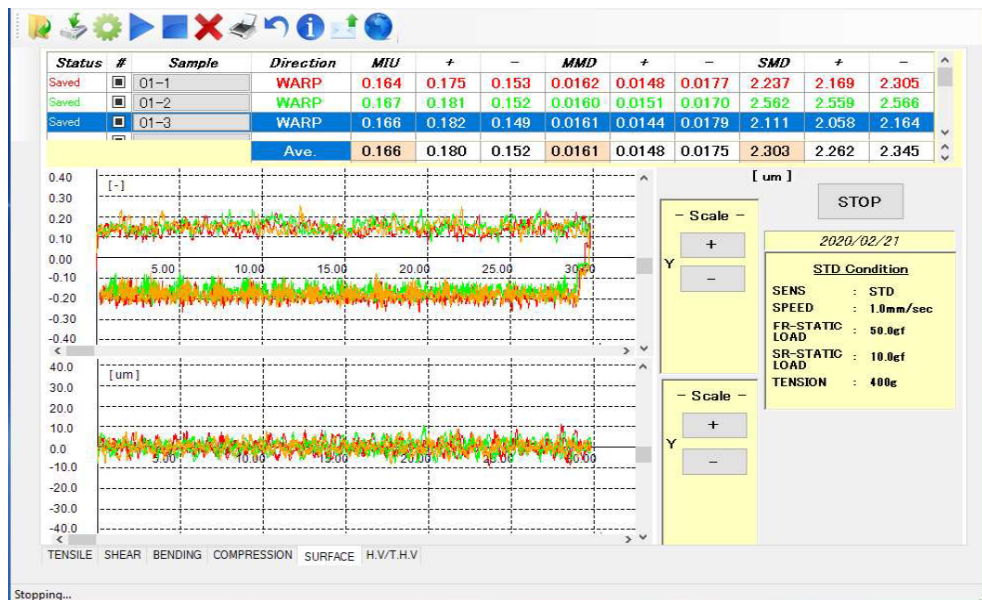


Figure 9. Screenshot of Kawabata test system

3. Conclusion

In this study, the air permeability, thermal properties, water vapour permeability, and surface roughness properties of a group of denim fabrics were investigated. The results showed that the highest

thermal resistance values were seen in the highest thickness F1 cotton and F2 coded cotton dual-core composition weft yarn weaved fabrics. % 97 Cotton, %3 Elastane included fabric showed the highest air permeability, thermal conductivity, and thermal absorptivity values (F3). There is a strong relationship between thermal conductivity and air permeability ($R_2 = 0.90$). The reason for this is that the amount of stagnant air in the fabric structure is one of the most important parameters affecting the thermal conductivity value and the conductivity value decreases as the amount of stagnant air increases. The highest thermal absorptivity values were seen in the highest density value elastane included fabrics (F3 and F4). This is most probably due to fabrics that contain less entrapped air having higher thermal absorptivity values. Also, EME included fabric showed the lowest thermal absorptivity value because this fiber consists of polyester fibers and the thermal absorptivity value of polyester is lower than that of cotton. It was found that the fabric with a high surface roughness had a low thermal absorptivity value, and the fabric with low surface roughness had a high thermal absorptivity value in this study. On the other hand, the lowest friction coefficient (MIU) was found in the lowest thickness value F4 coded fabric.

Acknowledgment

Thank you Çalık Denim for supplying fabric samples and LTU for Kawabata KES-FB4 measurements.

Conflict Of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- [1] Muthu, S. Sustainability in Denim, Woodhead Publishing, USA, 2017.
- [2] Erez E, Çelik P. A research on the parameters of the affecting yarn properties of cotton-polyester rigid core-spun yarns. *Textile and Apparel* 2014; 24: 195-201.
- [3] Bolat S, Yılmaz D. A study on the effect of yarn count and weft density parameters on various woven fabric properties obtained from dual-core spun yarns. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2021; 36: 2315-2331.
- [4] Paul, R. Denim: Manufacture, Finishing and Applications, Woodhead Publishing, USA, 2015.
- [5] Kim DO, Yoo S, Kim EA. Objective measures for perceived touch of worsted fabrics. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2005; 35: 1159-1169.
- [6] Yoon HN, Sawyer LC, Burkley A. Improved comfort polyester Part II: Mechanical and surface properties. *Textile Research Journal* 1984; 54: 357-365.
- [7] Lam YL, Kan CW, Yuen CWM, Au CH. Objective Measurement of Fabric Properties of the Plasma-Treated Cotton Fabrics Subjected to Cocatalyzed Wrinkle-Resistant Finishing. *Journal of Applied Polymer Science* 2011; 119: 2875-2884.
- [8] Vivekanadan MV, Raj S, Sreenivasan S, Nachane RP, Parameters affecting warm-cool feeling cotton denim fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 2011; 36: 117-121.
- [9] Rahman O. The Influence of Visual and Tactile Inputs on Denim Jeans Evaluation. *International Journal of Design* 2012; 6: 1-15.
- [10] Mangat MM, Hes L. Thermal Resistance of Denim Fabric under Dynamic Moist Conditions and its Investigational Confirmation. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2014; 22: 101-105.
- [11] Khushbu P, Thakkar A. Effect of Fabric Construction Parameters on Air Permeability and Thermal Resistance of Commercially Produced Denim Fabric. *International Journal for Scientific Research & Development* 2015; 3: 767-769.

- [12] Jamshaid H, Rajput AW, Zahid B, Asfand N, Basra SA, Ali A. Comparison of functional properties of woven and, knitted denim fabric. *Industria Textila* 2020; 71: 3-7.
- [13] Eryürük SH. The effects of elastane and finishing processes on the performance properties of denim fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology* 2019; 31: 243-258.
- [14] Hosen F, Asif AH, Hasan Z, Mahmud ST, Islam R. Evaluation of comfort and thermal properties of stretch denim fabric by applying different softeners. *Indian Journal of Science and Technology* 2021; 14: 752–764.
- [15] Güneşoğlu S. The Statistical Investigation of The Effect of Hydrophilic Polyurethane Coating on Various Properties of Denim Fabric. *Textile and Apparel* 2015; 25: 256-262.
- [16] Sabir EC, Kadem FD. Comfort and Performance Properties of Raised and Laminated Denim Fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2016; 24: 88-94.
- [17] Üren N, Okur A. Analysis and improvement of tactile comfort and low-stress mechanical properties of denim fabrics. *Textile Research Journal* 2019; 89: 4842-4857.
- [18] Akgül E, Aydoğan EK, Sinanoğlu C. Investigation of different denim fabrics with fabric touch tester and sensory evaluation. *Journal of Natural Fibers* 2021; 1-15.
- [19] Hes L. Thermal properties of nonwovens, In: *Proceedings of Congress Index, Geneva, 1987.*
- [20] Hes L, Dolezal, I. A new computer-controlled skin model for fast determination of water vapour and thermal resistance of fabrics. *7th Asian Textile Conference, New Delhi, 2003.*
- [21] Hes L. Non-destructive determination of comfort parameters during marketing of functional garments and clothing. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 2008; 33: 239-245.
- [22] Epps HH. Prediction of single layer fabric air permeability by statistical modelling. *Journal of Testing and Evaluation* 1986; 24: 26-31.
- [23] Ogulata RT. Dokuma kumaşların hava geçirgenliği. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Teknoloji ve Yönetim* 2006; 5: 1-10.
- [24] Almetwally AA, Mourad MM. Effects of spandex drawing ratio and weave structure on the physical properties of cotton/spandex woven fabrics. *The Journal of the Textile Institute* 2014; 105: 235-245.
- [25] Frydrych I, Dziworska G, Bilska J. Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2002; October/December: 40-44.
- [26] Ramachandran T, Manonmani G, Vigneswaran C. Thermal Behaviour of Ring and Compact Spun Yarn Single Jersey, Rib and Interlock Knitted Fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research* 2010; 5: 250- 257.
- [27] Onofrei E, Rocha AM, Catarino A. The Influence of Knitted Fabrics' Structure on the Thermal and Moisture Management Properties. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 2011; 6: 10-22.
- [28] Hes L, Hybil V, Bandyopadhyay B. Determination of warm- cool feeling of various fibrous polymers through thermal absorbtivity. *Indian Journal of Fiber and Textile Research* 1991; 16: 195-199.
- [29] Alay S, Alkan C, Göde F. Steady-state thermal comfort properties of fabrics incorporated with microencapsulated phase change materials. *The Journal of The Textile Institute* 2012; 103: 757–765.
- [30] Guanxiong Q, Yuan Z, Zhongwei W, Jianli, Min L, Jie Z. Comfort in Knitted Fabrics. *International ManMade Fibres Congress Proceeding* 1991; 112, Dornbirn.
- [31] Majumdar, A, Mukhopadhyay S, Yadav R. Thermal properties of knitted fabrics made from cotton and regenerated bamboo cellulosic fibres. *International Journal of Thermal Sciences* 2010; 49: 2042-2048.
- [32] Gün AD, Alan G, Macit, AS. Thermal properties of socks made from reclaimed fibre. *The Journal of the Textile Institute* 2016; 107: 1112-1121.
- [33] Das S, Kothari VK. Moisture vapour transmission behaviour of cotton fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research* 2012; 37: 151-156.
- [34] Desalegn A, Ferede A, Rotich GK. Effect of weft yarn twist level on mechanical and sensorial comfort of 100% woven cotton fabrics. *Fashion and Textiles* 2019; 6: 1-12.

ADİYAMAN İLİ TOPRAKLARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Harun TÜRKMENLER^{1*}

^{1*}Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adiyaman, 02040, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 25.06.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 09.09.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1135617

ÖZET

Ekonominin ve toplumun hızla gelişmesiyle birlikte çeşitli ağır metallerle kirlenmiş topraklar çevre ve halk sağlığını tehdit etmektedir. Bu çalışmada, kuru ve yağışlı dönemlerde Adiyaman'ın değişik altı bölgesinden alınan toprak örneklerinde ağır metal kirliliğinin saptanması amaçlanmıştır. Toprak örneği alınan noktalarda ağır metal konsantrasyonunu belirlemek için 2017 yılı Ağustos (kurak dönem) ve Kasım (yağışlı dönem) aylarında, Adiyaman organize sanayi bölgesi civarından (1 ve 2 no'lu istasyon) iki adet, atıksu arıtma tesisi yakınındaki bölgeden (3 no'lu istasyon) bir adet, çimento fabrikası civarında bulunan tarım alanından (4 no'lu istasyon) bir adet, Gölbaşı Gölü yakınında bulunan tarım alanından (5 no'lu istasyon) bir adet, Çelikhhan ilçesi tütün tarlasından (6 no'lu istasyon) bir adet olmak üzere toplamda 12 adet toprak numunesi alınmıştır. Topraktaki ağır metallerin tespit edilmesi için 0-20 cm derinlikten örnekler alınmıştır. Alınan örneklerde Fe, As, Ni, Al, Mn ve Co ağır metallerinin konsantrasyonlarının ölçümü ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma spektroskopisi-kütle spektrometri) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının bazı bölgelerde sınır değerlerini geçtiği bazı bölgelerde ise izin verilen değerlere yaklaştığı bulunmuştur. pH değerleri ise 8,14 ile 8,45 arasında ölçülmüş ve toprağın orta derecede alkali yapıya sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Toprak kirliliği, Dünya sağlık örgütü, Yeraltı suyu, ICP-MS, Arsenik

INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN THE SOILS OF THE ADİYAMAN PROVINCE

ABSTRACT

A hazard to the environment and general public health is posed by soils contaminated with various heavy metals due to the economy's and society's rapid development. In this study, it was aimed to detect heavy metal pollution in soil samples taken from different six regions of Adiyaman during dry and rainy periods. In order to determine the heavy metal concentration at the points where soil samples were taken, in August (dry period) and November (rainy season) of 2017, two units from the vicinity of Adiyaman organized industrial zone (station 1 and 2) were collected from the area near the wastewater treatment plant (station 3), one from the agricultural area (station 4) located around the cement factory, one from the agricultural area (station 5) located near Gölbaşı Lake, one from the tobacco field of Çelikhhan district (station 6). A total of 12 soil samples were taken. Samples were taken from 0-20 cm depth to detect heavy metals in the soil. The concentrations of Fe, As, Ni, Al, Mn and Co heavy metals in the samples taken were measured using ICP-MS (Inductively coupled plasma spectroscopy-mass spectrometry) device. As a result of the measurements, it was found that heavy metal concentrations exceeded the limit values in some regions and approached the permissible values in some regions. The pH values were measured between 8.14 and 8.45 and it was seen that the soil had a moderately alkaline structure.

Keywords: Soil pollution, World health organization, Groundwater, ICP-MS, Arsenic

* e-posta¹ : hturkmenler@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7603-7385> (Sorumlu Yazar)

1. Giriş

Toprak birçok zararlı maddenin alıcısıdır. Toprağı kirleten atıklar farklı kaynaklardan toprağa girebilir. Bunlar; kentsel, endüstriyel, tarımsal veya nükleer kaynaklı olabilir [1]. Modern tarıma geçiş ve sanayileşmenin 20. yüzyılın başlarından itibaren hızlanması ile birlikte dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak doğal kaynak ekosistemleri büyük ölçüde tahrip olmuştur. Bu nedenle toprak kirliliği de bir çevre sorunu olarak görülmeye başlanmıştır [2]. Doğal yapısı üzerinde tarımsal ve endüstriyel faaliyetler nedeniyle toprak tamamen veya kısmen yabancı maddelerle kirlenmektedir. Bu maddelerin birçoğu belirli oranlarda ve özellikle eser miktarlarda toprağın yapısında mevcuttur. Bu yüzden ağır metaller, kimyasal kirlilik düşünüldüğünde akla gelen kirleticilerdir [3]. Ağır metal kirliliğinin büyük bir kısmından motorlu taşıtlar ve bilinçsiz tarımsal faaliyetler sorumludur [4].

Orman yangınları, hava akımları ve volkanik faaliyetler vb. doğal kaynaklardan ortaya çıkan ağır metaller toprak kirliliğine neden olmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu oluşan fosil yakıtların yakılması, atıkların depolanması ve yakılması, dökümcülük, gübre ve pestisit kullanımları, madencilik vb. ise antropojenik kaynaklıdır [5].

Hava ve suya göre topraklar, dış faktörler için yüksek tamponlama kapasitesine sahip sistemlerdir. Toprağın yapısındaki bozulmaların sisteme eklenen kirleticilerle ortaya çıkması durumunda toprakta karşılaşılan sorunların çözülmesi de zor, karmaşık ve masraflı olmaktadır. Ağır metaller, arıtma çamurları, gübreler, katı atıklar ve atıksular toprak kirlenmesine sebep olan başlıca kirleticiler arasında yer almaktadır [6].

Termik santraller, çimento-cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleri ve demir-çelik sanayi, ağır metallerin çevreye salınımını etkileyen en önemli endüstriyel faaliyetlerdir. Bu tesislerin faaliyetleri sonucunda havaya salınan ağır metaller nihayetinde yere ulaşır ve havadan aerosoller ya da toz şeklinde insanlar ve hayvanlar tarafından solunur [7].

Ağır metallerin endüstriyel ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılması nedeniyle, insanların metallere maruziyeti son 50 yılda önemli ölçüde artmıştır. Bunun nedenleri tarımsal üretim yöntemlerindeki büyük değişiklikler, artan gübre ve pestisit kullanımı, ulaşım araçlarından çıkan egzoz emisyonları, artan üretimle artan katı atıklar, atık su ve sağlıksız depolanması ve besin maddelerine erişimi, kentsel gelişim ve stresli yaşam koşullarıdır. Ayrıca amalgam dolgu maddelerinde, boya ve musluk suyunda kurşun, işlenmiş gıdalarda, kozmetiklerde, şampuanlarda, saç bakım ürünlerinde ve diş macunlarında bulunan kimyasal kalıntılar yüzünden insanlar sürekli olarak ağır metallerle yaşamaktadırlar [8].

Ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliği dünya çapında son yıllarda dikkatleri üzerine çekmiştir. Ağır metallere kaynaklanan toprak kirliliği, sanayi ve madencilik faaliyetlerinin gelişmesi ve arıtılan atıksuların yeniden sulamada kullanılması ve arıtma çamur uygulamalarının yaygınlaşması ile dünya çapında bir sorun haline gelmiştir. Ekosistemin fonksiyonları ve toprak verimliliği üzerinde ağır metallerin toprakta birikmesi önemli fonksiyonlara sahiptir. Besin zinciri yoluyla topraktan bitkilere geçen ağır metaller insan ve hayvanlara kadar ulaşmaktadır [8].

Son yıllarda, toprak örtüsü üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ve toprakların verimliliğini düşüren ağır metaller ortaya çıkmaya başlamıştır. Nükleer enerji santralleri, maden ocakları ve işleme tesisleri, kimya ve demir-çelik endüstrileri, atıkların ve fosil yakıtların yakılması, karayolundaki araç trafiği, arıtma çamuru, gübre, pestisit ve atıksu uygulamaları gibi çeşitli insan faaliyetleri sonucunda toprağın ağır metal açısından kirlenmesi kaçınılmazdır [9].

Ağır metal kirliliği dünyanın birçok yerinde yeraltı su kaynaklarını tehdit etmektedir. Ağır metaller, yeraltı su kaynaklarının en önemli kirleticileri arasındadır [10]. Bu ağır metallerin bazıları canlı organizmaların büyümesi, gelişmesi ve sağlığı için elzemdir, diğerleri ise yok edilemez olduklarından ve çoğu organizmalar üzerinde toksik türler olarak sınıflandırıldığından zaruri değildir [11]. Bununla birlikte, ağır metallerin toksisitesi, ortamdaki konsantrasyon seviyelerine bağlıdır.

Ortamdaki artan konsantrasyonlar ve toprakların ağır metalleri tutma kapasitesinin azalmasıyla, yeraltı suyuna ve toprak çözeltisine sızarlar. Böylece bu toksik ağır metaller canlı dokularda birikebilir ve besin zinciri boyunca konsantrasyon olabirir.

Endüstrinin ve ekonominin hızlı gelişimi ile birlikte giderek daha fazla kirlenici toprağa salınmaktadır [12]. Ağır metallerin (Pb, Cr, As, Zn, Cd, Cu, Hg, Ni vb.) topraklarda aşırı birikmesi sadece toprak kirlenmesine neden olmakla kalmaz, aynı zamanda mahsuller tarafından ağır metal alımının artmasına ve dolayısıyla gıda kalitesi ve güvenliğinin etkilenmesine neden olabilir [13]. Böylece topraklardaki ağır metal kirliliği hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde önemli bir konu haline gelmiştir [14]. Ağır metaller toksisite, biyolojik olarak parçalanamazlık ve kalıcılık özelliklerine sahip olduklarından, farklı türdeki kirlenmelere göre özellikle tehlikelidirler [15]. Topraktaki ağır metaller çevre için potansiyel tehditler oluşturur ve insan sağlığına zarar verebilir. Potansiyel insan sağlığı riskleri nedeniyle, toprak-bitki sistemindeki ağır metal birikimi, artan bir kamuoyu endişesine yol açmıştır [16].

Ağır metaller tarafından toprak kirliliği kritik bir küresel çevre sorunudur. Çalışmada, ağır metalle kirlenmiş veya kirlenmemiş bölgelerin tespit edilmesi ve topraklardaki olası ağır metal kirliliği kaynaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Adıyaman İlinin farklı 6 bölgesinden kuru ve yağışlı dönemlerde alınan toprak örneklerinde ağır metal analizleri ve pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Toprak örneklerinde elementel analizler, ICP-MS cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

2. Materyal ve Metod

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı

Adıyaman İli, Güneydoğu Anadolu bölgesinde 38°11'-37°25' N ve 39°14'-37°31' E boylamları arasında yer almakta olup, denizden yüksekliği 669 metredir. Komşuları; doğusunda Diyarbakır, batısında Kahramanmaraş, kuzeyinde Malatya ve güneyinde ise Şanlıurfa'dır.

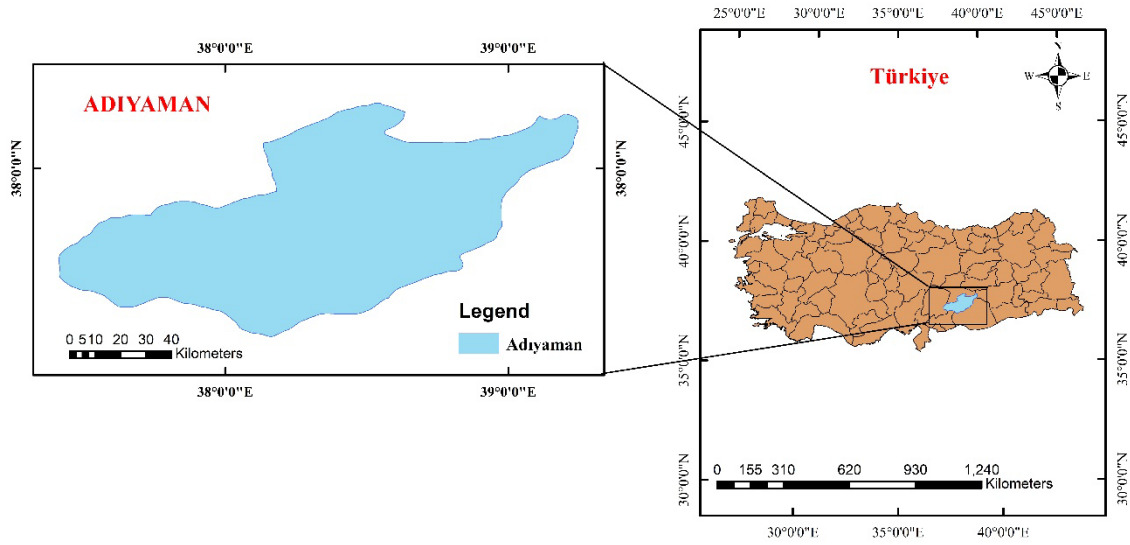
Karasal iklime sahip olan Adıyaman'da genelde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Doğu Anadolu-Akdeniz bölgesi arasında geçit konumuna sahiptir. Bölgedeki diğer illerden daha fazla yağış almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2016 yılı nüfus sayımı sonuçları dikkate alındığında İlin toplam nüfusu 610.484 kişidir [17].

2.1.2. Çalışmada Kullanılan Toprak Örnekleri

Adıyaman'daki toprakların ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla, Adıyaman organize sanayi bölgesi altından, organize sanayi bölgesi civarından, arıtma tesisi çıkışından, çimento fabrikası civarında bulunan zeytin bahçesinden, Gölbaşı ilçesinde Gölbaşı Gölü civarında bulunan elma bahçesinden ve Çelikhan ilçesinde bulunan tütün tarlasından olmak üzere toplam 6 istasyondan toprak örnekleri alınmıştır.

2.2. Metod

Çalışma kapsamında, Adıyaman'daki kirliliğin derecesini belirlemek için farklı kullanım alanlarından Ağustos-Kasım 2017'de toprak örnekleri alındı. Topraktaki ağır metal konsantrasyonunu temsil edebilmesi için altı farklı örnekleme istasyonu belirlenerek kurak ve yağışlı dönem olmak üzere toplamda 12 adet toprak numunesi alındı. Şekil 1'de çalışma alanının konumu ve numunelerin alındığı istasyonlar görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve numunelerin alındığı istasyonlar

2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Korunması

Numuneler alınmadan önce toprağın yüzeyindeki bitki örtüsü, taş, çakıl vb. temizlendi. Daha sonra topraktaki ağır metallerin tespit edilmesi için 0-20 cm arasındaki toprak tabakasını temsil eden her 1 kg'lık toprak numunesi alınarak kavanozlara yerleştirildi [18].

2.2.2. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Laboratuvara getirilen numuneler havada kurutma işlemi sonrasında, iri parçacıklar elle ezilip ufalanarak homojen hale getirilmiş ve daha sonra da ICP-MS cihazında ölçümlere hazır hale getirilmiştir [19]. Toprak numuneleri kurutulduktan sonra 5 mm çaplı bir elekten geçirilmiştir [20].

2.2.3. Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler

Mikrodalga ekstraksiyonu

ICP-MS kullanılarak toprak numunelerindeki ağır metallerin belirlenmesi için yapılan bir ön işlemdir. EPA 3051A yöntemine göre yapılan bu ön hazırlık işleminde Berghof marka speedwave mikrodalga fırın kullanılmıştır [20].

ICP-MS cihazı ile ağır metal konsantrasyonunun tayini

Topraklarda ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesinde Perkin Elmer marka, Optima NexION 350X ICP-MS cihazı kullanılmış ve ölçümler EPA 6010C metoduna göre belirlenmiştir [19]. ICP-MS cihazında ikili olarak incelenen numunelerin tamamından üç ölçüm yapılmıştır. Ölçümler sonucunda bulunan değerlerin ortalamaları alınmış ve ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. pH Değerleri

Değişik kullanım alanlarına göre, organize sanayi bölgesi civarından, arıtma tesisi çıkışı civarından, çimento fabrikası civarından, Gölbaşı ilçesi Gölbaşı Gölü civarından ve Çelikhan ilçesi tütün tarlasından 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki pH değerleri 8,14-8,45 arasında bulunmuştur (Çizelge 1). Elde edilen pH değerlerine göre toprağın orta alkali bir sınıflandırma içinde olduğu görülmüştür [21].

Çizelge 1. Toprak numunelerinin pH değerleri

İstasyon No	Numune Alma Bölgeleri	pH Değeri
1	Orgazine sanayi bölgesi altı	8,30
2	Organize sanayi bölgesi civarı	8,32
3	Arıtma tesisi çıkışı	8,14
4	Çimento fabrikası civarında bulunan zeytin bahçesi	8,45
5	Gölbaşı Gölü civarında bulunan elma bahçesi	8,36
6	Çelikhan ilçesi civarında bulunan tütün tarlası	8,18

3.2. Ağır Metal Değerleri

Numuneler ikili çalışılmış ve tüm numuneler üç kez tekrarlı olarak ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm değerlerinin hesaplanmasında üç ölçüm sonucunda bulunan değerlerin ortalamaları alınmıştır. Toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri Çizelge 2’de verilmiştir [22-25]. Kurak (Ağustos) ve yağışlı (Kasım) dönemde alınan toprak örneklerinin ağır metal değerlerinin ortalamaları sırasıyla Çizelge 3 ve Çizelge 4 ’te verilmiştir.

Çizelge 2. Toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri

Ağır Metaller	Dünya Sağlık Örgütü	ABD Çevre	Dünya ortalama değerleri (mg kg ⁻¹)
	(WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO) (mg kg ⁻¹)	Koruma Ajansı (US EPA) (mg kg ⁻¹)	
Fe	50000	-	40000
As	20	8,172	6
Ni	50	-	50
Al	-	-	-
Mn	2000	-	1000
Co	50	-	8

Çizelge 3. Toprak örneklerinin ortalama ağır metal değerleri kurak dönem (mg/kg)

İstasyon No	Al	As	Fe	Mn	Ni	Co
1	32509,443	6,514	41447,426	10741,304	883,542	59,895
2	60630,086	8,172	52601,675	13079,896	1091,162	73,613
3	22607,551	5,457	17175,600	4252,496	262,506	21,447
4	19293,865	5,460	27493,650	7199,821	118,647	17,205
5	7950,492	7,781	31189,471	8249,713	77,248	15,741
6	12753,646	5,900	27307,049	6489,176	44,575	11,698

Çizelge 4. Toprak örneklerinin ortalama ağır metal değerleri yağışlı dönem (mg/kg)

İstasyon No	Al	As	Fe	Mn	Ni	Co
1	29865,265	5,582	27135,417	6344,350	949,504	59,181
2	41099,959	8,227	38163,125	9442,822	926,570	60,930
3	23332,342	6,153	18513,719	4397,681	261,378	20,659
4	16021,161	5,819	23196,730	5807,895	106,778	14,887
5	6297,253	9,091	24922,606	6319,457	75,337	14,718
6	10544,693	6,997	22180,796	4931,270	39,886	9,459

Ölçümü yapılan numunelerdeki ortalama ağır metal konsantrasyonları dikkate alındığında, kurak dönemde Al için 7950-60630 mg/kg, As için 5,457-8,172 mg/kg, Fe için 17175,6-52601,6 mg/kg, Mn için 4252,4-13079,8 mg/kg, Ni için 44,575-1091,162 mg/kg ve Co için 11,698-73,613 mg/kg arasında değişen değerler elde edilmiştir. Tüm istasyonlardaki ortalama değerler ise Al için 25957,51 mg/kg, As için 6,54 mg/kg, Fe için 32869,15 mg/kg, Mn için 8335,401 mg/kg, Ni için 412,9467 mg/kg, Co için 33,2665 mg/kg olarak bulunmuştur.

Yağışlı dönemde alınan örneklerde ise, Al için 6297-41100 mg/kg, As için 5,582-9,091 mg/kg, Fe için 18514-38163 mg/kg, Mn için 4398-9443 mg/kg, Ni için 39,886-949,504 mg/kg ve Co için 9,459-60,930 mg/kg arasında değişen değerler elde edilmiştir. Tüm istasyonlardaki ortalama değerler ise Al için 21193,45 mg/kg, As için 6,978167 mg/kg, Fe için 25685,4 mg/kg, Mn için 6207,246 mg/kg, Ni için 393,2422 mg/kg, Co için 29,97233 mg/kg olarak bulunmuştur.

Değişik bölgelerden temin edilen toprak numunelerinin tamamının ağır metal konsantrasyonlarının ortalaması alındığında her iki dönem için kıyaslandığında aynı sıralamaya sahip olduğu görülmüştür. Bu sıralama ise; Fe > Al > Mn > Ni > Co > As olarak bulunmuştur. Elde edilen ağır metal konsantrasyonlarının ortalama değerleri incelendiğinde Ni ve Mn için WHO/FAO tarafından belirlenen toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerlerini aştığı, Fe, As ve Co için ise sınır değerlerinin altında olduğu görülmüştür (Çizelge 2). En yüksek değer ise kurak dönemde 2 nolu istasyonda (Organize sanayi bölgesi civarı) Al konsantrasyonu 60630 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3). Ni ve Mn için sınır değerlerini aşan en yüksek konsantrasyonlar 1 ve 2 nolu (Organize sanayi bölgesi civarı) istasyondan alınan örneklerde görülmüştür.

Akyıldız ve Karataş yaptıkları çalışmada, Ni değerini en yüksek 366,9 mg/kg ortalamasını ise 94,51 mg/kg, Fe için en yüksek 33000 mg/kg, Mn için 5,09-1135 mg/kg arasında, As için ortalama 3 mg/kg, Co için ortalama 26,6 mg/kg olarak bulmuştur [26].

Kul vd. Bayburt ilinin farklı noktalarından elde edilen toprak örneklerinin ağır metal analiz sonuçlarına göre, toprak örneklerinin ağır metal içerikleri Mn için <0,000-373,75 mg kg⁻¹, Fe için

<0,000-22343,57 mg kg⁻¹, Co için <0,000-7,09 mg kg⁻¹, Ni için <0,000-133,63 mg kg⁻¹, aralığında olduğunu tespit etmişlerdir [27].

Suyun yağışla seyrelmesi, seyreltilmiş sulama suyundan ağır metallerin daha düşük emilmesi ve düşük konsantrasyonlu sulama suyu ve/veya topraktan ağır metal emilimi nedeniyle tüm ağır metal konsantrasyonları yağışlı dönemde kuru döneme göre daha düşük olarak bulunmuştur. Dudal vd. [28], ağır metallerin çözünür organik madde ile birlikte hareketliliğinin yoğun yağış olaylarından etkilenebileceğini belirtmişlerdir. Öte yandan, toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri, sadece ağır metal konsantrasyonuna değil, aynı zamanda çevresel faktörlere, toprağın adsorpsiyon-desorpsiyon özelliklerine, çökeltme reaksiyonlarına ve toksik metal özelliklerine de bağlı olan ağır metallerin biyoyararlılığını ve hareketini etkiler [29, 30].

4. Sonuçlar

Metal atıklar su ve toprak yüzeyini kirleterek insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere neden olur. Ağır metal kirliliği, besin zinciri yoluyla potansiyel birikim riski nedeniyle organizmaların ve insanların sağlığı ve esenliği için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Toprakta bulunan ağır metal, bitkilerde kolaylıkla birikir ve daha sonra besin zinciri yoluyla taşınır ve böylece insan sağlığı için büyük bir tehdit haline gelir. Ayrıca yüzeysel sulara ve daha sonra da yeraltı sularına ulaşarak ekolojik dengeye zarar verir. Bu çalışmada Adıyaman İli'nin farklı bölgelerdeki altı noktasından alınan toprak örneklerinde pH ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda pH değerinin 8,14 ile 8,45 arasında olduğu ve bu sonuca göre de toprağın yapısının orta alkali bir yapıda olduğu görülmüştür. Kurak ve yağışlı dönemlerde alınan numunelerde yapılan analizler sonucunda ortalama ağır metal konsantrasyonları ise, Al için 6297-60630 mg/kg, As için 5,457-9,091 mg/kg, Fe için 18514-52601,6 mg/kg, Mn için 4252,4-13079,8 mg/kg, Ni için 39,886-1091,162 mg/kg ve Co için 9,459-73,613 mg/kg arasında değişen değerlerde bulunmuştur.

En yüksek konsantrasyon Al için 60630 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda, As için 9,091 mg/kg olarak 5 nolu istasyonda, Fe için 52601,6 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda, Mn için 13079,8 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda, Ni için 1091,162 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda ve Co için 73,613 mg/kg olarak yine 2 nolu istasyonda ölçülmüştür.

Toprak numunelerinin tamamının ağır metal konsantrasyonlarının ortalaması gözönünde bulundurulduğunda hem kurak ve hem de yağışlı dönem için kıyaslandığında sıralamanın değişmediği tespit edilmiştir (Fe > Al > Mn > Ni > Co > As). Bu sonuçlara göre Ni ve Mn ortalama değerlerinin WHO/FAO tarafından belirlenen toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerlerini aştığı, Fe, As ve Co için ise sınır değerlerinin altında kaldığı belirlenmiştir. Ni ve Mn ortalama değerlerinin sınır değerlerini aşan en yüksek konsantrasyonları 1 ve 2 nolu (Organize sanayi bölgesi civarı) istasyondan alınan örneklerde görülmüştür. Bunun nedeninin endüstriyel ve yükseltiden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak numune alınan bölgelerde toprakta bazı ağır metaller (Ni ve Mn) açısından kirlenmenin başladığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar toprak kalitesinin değerlendirilmesinde ve metalle kirlenmiş toprakların geri kazanılmasına yönelik çabaların desteklenmesinde faydalı olabilir.

Teşekkür

Bu çalışma; Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi birimi tarafından MÜFLAP/2017-0007 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S., “Toprak Bilimi”, Üçüncü Baskı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.557, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, (2008).
- [2] Türkoğlu, B., “Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2006).
- [3] Mater, B., “Toprak Coğrafyası”, İstanbul: Çantay Kitabevi, (1998).
- [4] İlkılıç, C., Behcet, R., “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi”, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 5(1): 66–72, (2006).
- [5] Lombi, E., Wenzel, W. W., Adriano, D. C., “Soil Contamination, Risk Reduction and Remediation”, *Land Contamination & Reclamation*, 6 (4), 183-197, (1998).
- [6] Başcı, N., “Cr (VI) İyonunun Süs Bitkileri Kullanılarak Toprakta Gideriminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2009).
- [7] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin Çevresel Etkileri”, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, 136, 47-53, (2003).
- [8] Durak, Z., “Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Alanında Oluşan Çöp Sızıntı Sularının Bitki Yetiştirilmesinde Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2005).
- [9] Çelik, A., Kartal, A. A., Akdoğan, A., Kaska, Y., “Determining the Heavy Metal Pollution in Denizli (Turkey) By Using Robinio Pseudo-Acacia L.”, *Environment International*, 31, 105-112, (2005).
- [10] Marcovecchio, J.E., Botte, S.E., Freije, R.H., “Heavy metals, major metals, trace elements”, In: Nollet LM, editor. Handbook of Water Analysis, 2nd ed. London: CRC Press; (2007).
- [11] Underwood, E.J., “Trace Elements in Humans and Animals” Nutrition. 3rd ed. New York: Academic Press; (1956).
- [12] Yang, P., Mao, R., Shao, H., & Gao Y., “The Spatial Variability of Heavy Metal Distribution in the Suburban Farmland of Taihang Piedmont Plain, China”, *Comptes Rendus Biologies*, 332, 558-566, <https://doi.org/10.1016/j.crv.2009.01.004>, (2009).
- [13] Lu, Y., Yin, W., Huang, L. B., Zhang, G. L., & Zhao, Y. G., “Assessment of Bioaccessibility and Exposure Risk of Arsenic and Lead in Urban Soils of Guangzhou City, China”, *Environmental Geochemistry and Health*, 33, 93-102, <https://doi.org/10.1007/s10653-010-9324-8>, (2011).
- [14] Nicholson, F. A., Smith, S. R., Alloway Carlton-Smith, C., & Chambers, B. J., “An Inventory of Heavy Metals Inputs to Agricultural Soils in England and Wales” *Science of the Total Environment*, 311, 205-219, (2003).
- [15] Yan, X., Gao, D., Zhang, F., Zeng, C., Xiang, W., & Zhang, M., “Relationships between Heavy Metal Concentrations in Roadside Topsoil and Distance to Road Edge Based on Field Observations in the Qinghai-Tibet Plateau, China”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 762-775, <https://doi.org/10.3390/ijerph10030762>, (2013).

- [16] Fu, S., & Wei, C. Y., “Multivariate and Spatial Analysis of Heavy Metal Sources and Variations in a Large Old Antimony Mine, China”, *Journal of Soils and Sediments*, 13, 106-116. <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0587-9>, (2013).
- [17] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 24638 sayı ve 31 Ocak 2017 Yayın Tarihli Haber Bülteni.
- [18] Loughran, R.J., Wallbrink, P.J., Walling, D.E., Appleby, P.G., “Sampling Methods. In: Zapata, F. (eds) Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides”, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-48054-9_3, (2002).
- [19] EPA, 2007a, Method 6010C, “Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry”, Revision 3, February (2007).
- [20] EPA, 2007b, Method 3051A, “Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils”, Revision 1, February (2007).
- [21] Dağdeviren, Ş., “Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçlarının Yapay Sınır Ağları ile Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, (2007).
- [22] Onyedikachi, U.B., Belonwu, D.C. & Wegwu, M.O., “Human health risk assessment of heavy metals in soils and commonly consumed food crops from quarry sites located at Isiagwu, Ebonyi State”, *Ovidius University Annals of Chemistry*, 29(1), 8-24. DOI: 10.2478/auoc-2018-0002, (2018).
- [23] Özkan, A., “Antakya-Cilvegözü karayolu etrafındaki tarım arazilerinde ve bitkilerdeki ağır metal kirliliği” *Çukurova Üniversitesi Mühendislik & Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 9-18, (2017).
- [24] Chiroma, T. M., Ebewele, R. O., Hymore, F.K., “Comparative Assessment of Heavy Metal Levels in Soil, Vegetables and Urban Grey Waste Water used for Irrigation in Yola and Kano”, *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 3(2), 01-09, (2014).
- [25] Bowen, H.J.M., “Elements in lithosphere and biosphere”, *Environmental Chemistry of the Element*, Academic Press, Beijing, pp. 174-208, (1979).
- [26] Akyıldız, M., Karataş, B., “Adana Şehir Merkezindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), ss. 199-214, (2018).
- [27] Kul, S., Gül, V., Cengiz, İ., “Toprak ve Bitkilerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması: Bayburt İli Örneği”, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, Yıl: 6, Sayı: 2, (195-203), (2021).
- [28] Dudal, Y., Sévenier, G., Dupont, L., Guillon, E., “Fate of the metal-binding soluble organic matter throughout a soil profile”, *Soil Sci.*, 170, 707–715, (2005).
- [29] Cuevas, G., Walter, I., “Metales pesados en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual”, *Rev. Int. Contam. Ambient*, 20, 59–68, (2004).
- [30] Li, J., Rate, A.W., Gilkes, R. J., “Fractionation of trace elements in some non-agricultural Australian soils”, *Aust. J. Soil Res*, 41, 1389–1402 (2003).

KAYIPLI RESİM SIKIŞTIRMA ALGORİTMALARINI TEMEL ALAN RASTGELE SAYI ÜRETECİ

Selman YAKUT^{1*}

¹İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Malatya, 02040, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 19.07.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 11.10.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1145590

ÖZET

Dijitalleşen dünyada veri güvenliği önemli bir problemdir. Veri güvenliğini sağlamak için çeşitli kriptografik sistemler ve uygulamalar kullanılır. Rastgele sayılar ise bu sistemlerin ve uygulamaların önemli bir parçasıdır. Bu makalede resim sıkıştırma algoritmalarının temeli olan ayrık kosinüs dönüşümünü kullanan bir rastgele sayı üretici önerildi. Bu üretilen öncelikle sıkıştırılacak olan resim, ayrık kosinüs dönüşümü ile frekans düzlemine aktarılır. Frekans düzleminde insan görme duyusu dikkate alınarak resmi ifade eden belirli katsayılar dikkate alınıp diğerleri ihmal edildiğinden veri kaybı olur. Daha sonra Frakans düzlemindeki veri ters ayrık kosinüs dönüşümü kullanılarak yeniden uzay düzlemine aktarılır. Bu dönüşüm esnasında hesaplanan küsuratlı değerler resmi ifade etmek için yuvarlanır. Yuvarlama esnasında bu veriler geriye döndürülemeyecek şekilde kaybedilir. Bu kayıplar bir entropi kaynağı olarak kullanıldı ve ham rastgele sayılar üretildi. Bu sayılardaki olası zayıflıklar kriptografik özet fonksiyonunun son işlem algoritması olarak kullanılmasıyla giderildi. Kriptografik özet fonksiyonu olarak SHA1 algoritması kullanıldı. Önerilen üretilen herhangi bir dijital veri kaynağını rastgele sayı üretici olarak kullanabilir. Önerilen üreticinin güvenliği yapılan testlerle ve analizlerle gösterildi.

Anahtar Kelimeler: *Ayrık kosinüs dönüşümü, Rastgele sayılar, Rastgele sayı üretici, Son işlem algoritmaları*

RANDOM NUMBER GENERATOR BASED ON LOST PICTURE COMPRESSION ALGORITHMS

ABSTRACT

Data security is an important problem in the digitalized world. Various cryptographic systems and applications are used to ensure data security. Random numbers are an important part of these systems and applications. In this article, a random number generator using the discrete cosine transform, which is the basis of image compression algorithms, is proposed. In this generator, the picture to be compressed first is transferred to the frequency plane with the discrete cosine transform. Data loss occurs because certain coefficients expressing the picture are taken into account and others are neglected by considering human vision in the frequency plane. Then the data in the frequency plane is transferred back to the space plane using the inverse discrete cosine transform. The fractional values calculated during this conversion are rounded up to represent the picture. During rounding, this data is irreversibly lost. These losses were used as a source of entropy and raw random numbers were generated. Possible weaknesses in these numbers were addressed by using the cryptographic hash function as the post-processing algorithm. The SHA1 algorithm was used as the cryptographic hash function. The proposed generator can use any digital data source as a random number generator. The safety of the proposed generator has been demonstrated by tests and analysis.

Keywords: *Discrete cosine transform, random numbers, random number generator, post processing algorithms*

1. Giriş

Bilgi güvenliği günden güne daha fazla dijitalleşen dünyanın önemli bir problemidir. Akıllı telefon, tablet, bilgisayar, kamera gibi dijital veri kaynakları yaygın bir şekilde ve artarak

kullanılmaktadır [1]. Bu dijital kaynaklarının zayıf yönlerini kullanmaya yönelik birçok saldırı yapılmaktadır [1]. Bu saldırıların engellenmesi ve mağduriyetlere sebebiyet vermemek için çok sayıda kriptografik sistem ve protokol kullanılmaktadır [3-5]. Bu sistemlerin ve protokollerin hem veri kaynaklarının güvenliğini hem de verilerin güvenliğini sağlaması amaçlanır. Bunların güvenliği ise temel olarak anahtar değeri, tohum değeri gibi gizli ve güvenli değerlere dayanır [3-4]. Bu değerlerin güvenliğinin garanti edilmesi için güvenli rastgele sayılar kullanılır.

Rastgele sayılar bilgi güvenliği üzerinde belirleyici olan önemli parametrelerden biridir [3-7]. Bu sayılar birçok kriptografik uygulamanın ve sistemin önemli bir parçasıdır [6,7]. Özel-genel anahtar çifti, gizli anahtar, tohum değeri bunların başında gelmektedir. Bu değerlerin bütün sistem üzerinde kritik bir öneme sahip olduğundan bu sayıların üretilmesi önem arz etmektedir.

Rastgele sayı üretimi çeşitli yöntemler ve kaynaklar kullanılarak yapılabilir. Ancak temel olarak rastgele sayı üreteçleri gerçek rastgele sayı üreteçleri (GRSÜ), sözde rastgele sayı üreteçleri(SRSÜ) ve hibrit rastgele sayı üreteçleri(HRSÜ) olmak üzere üç sınıfa ayrılır. GRSÜ üreteçleri elektronik gürültü, radyoaktif bozulma gibi fiziksel ve tekrarlanmayan kaynakları kullanır [8, 9]. SRSÜ belirli bir algoritma ve tohum değeri kullanılarak hesaplamalara dayanan üreteçlerdir [10-12]. HRSÜ ise bu iki yaklaşımın beraber kullanımına dayanır.

Farklı rastgelelik kaynaklarından üretilen ham rastgele sayılardaki muhtemel zayıflıkların korelasyonun giderilmesi için son işlem algoritmaları kullanılır. Literatürde çok sayıda son işlem algoritması mevcuttur ve bu algoritmaların rastgele sayı üretiminde kullanımı yaygındır [6, 13-17]. Bunların önemli bir türü ise kriptografik özet algoritmalarıdır [14]. Bunun başlıca sebebi ise bu algoritmalar tek yönlü fonksiyonlardır ve giriş verisi özet değerinden üretilemez. Ayrıca bu algoritmaların çakışmaya karşı dayanıklı olması diğer bir önemli güvenlik parametresidir. Böylece bu algoritmalarla düzgün bir dağılıma sahip ve güçlü istatistiksel özelliklere sahip sayılar üretilir [17, 18].

Dijital verilerin iletim ve depolama işlemlerindeki yükünü azaltmak için bu veriler sıkıştırma işlemlerine tabi tutulur [19]. Sıkıştırma işlemi kayıplı ve kayıpsız sıkıştırma olmak üzere ikiye ayrılır [20-22]. Kayıpsız sıkıştırmada resim üzerinde herhangi bir kayıp olmadan orijinal resmin sıkıştırılır. Kayıplı sıkıştırmada ise orijinal resim bazı geri döndürülemeyen kayıplara uğrar ve orijinal resmin yeniden üretilemez. Kayıplı sıkıştırmada yaygın kullanılan yaklaşım orijinal resmin çeşitli dönüşümler yardımıyla frekans uzayına aktarılması ve aktarılan bu verinin frekans uzayındaki çeşitli işlemler yardımıyla sıkıştırılmasına dayanır. JPEG gibi birçok algoritmanın kullanıldığı Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) ise bunların başında gelir.

AKD veri sıkıştırma için kullanılan yöntemlerin başında gelir [19, 24, 25]. AKD uygulanan veriler frekans düzlemine aktarılır. Frekans düzlemine insan görme duyusunu dikkate alınarak bazı katsayılar hesaplamada daha fazla dikkate alınırken bazı katsayılar ise göz ardı edilir [26]. Böylece insan gözü ile fark edilmeden veya az fark edilen veriler ihmal edilir ve kaybedilir. Daha sonra veri, Ters Ayrık Kosinüs Dönüşümü (TAKD) uygulanarak yeniden uzay düzlemine aktarılır. Bu aktarma sürecinde bir dizi matematiksel işlemler kullanılarak veri önemli oranda sıkıştırılır [23]. Sıkıştırılan veri uzay düzlemine aktarıldığında bazı kayıplara uğrar ve orijinal veri yani sıkıştırma işlemine uğramamış olan hali bu sıkıştırılmış veriden yeniden üretilmesi mümkün olmaz. [24-29].

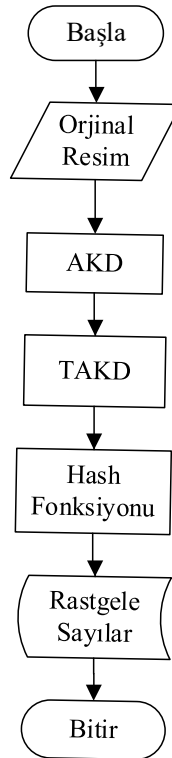
Önerilen yöntemde ayrık kosinüs dönüşümü kullanılarak sıkıştırılan resimdeki kayıplar kullanılarak ham rastgele sayılar üretilir. Herhangi bir işleme uğramamış olan orijinal resim sıkıştırma işleminden geçirilerek önce frekans uzayına aktarılır. Frekans uzayına aktarılan verilerin insan görme duyusu dikkate alınarak bazı katsayıları muhafaza edilirken bazı katsayıları ise göz ardı edilir. Daha sonra frekans uzayındaki veriler TAKD kullanılarak yeniden uzay düzlemine aktarılır. Yeniden aktarma işleminde veriler sıkıştırılmış resme dönüştürülürken yuvarlama işlemlerine tabi tutulur. Yuvarlanan bu verilerin kusurlu kısmı geriye döndürülemez bir şekilde kaybedilir. önerilen bu yöntemde kayıp olarak ifade edilen bu veriler entropi kaynağı olarak kullanıldı ve bu entropi kaynağından ham rastgele sayılar üretilir. Üretilen bu sayılar son işlem olarak kriptografik özet algoritmalarından geçirildi. Böylece üretilen rastgele sayıların hem uniform bir dağılıma sahip olması hem de güvenli bir hale gelmesi

sağlandı. Önerilen yöntemle birçok dijital veri kaynağı rastgele sayı üretici olarak kullanılabilir. Ayrıca bu yöntemle üretilen rastgele sayıların güvenli olduğu istatistiksel testlerle ve analizlerle gösterildi.

Bu çalışmanın devamı şu bölümler oluşur. İkinci bölümde önerilen yöntemin yapısı, kullanılan entropi kaynağı ve yapılan işlemler incelendi. Sonraki bölümde üretilen sayıların istatistiksel sonuçlarına yer verildi ve kullanılan yöntemin güvenlik değerlendirmesi yapıldı. Son bölüm de ise yapılan çalışmayla ilgili sonuçlara yer verildi.

2. Önerilen Yöntem

Önerilen yöntemle kriptografik uygulamalar başta olarak birçok uygulamanın önemli bir parçası olan güvenli rastgele sayılar üretilir. Bu yöntemin genel yapısı Şekil 1’de verildi. Bu yapıda öncelikle herhangi bir sıkıştırma ve benzeri işlemde geçirilmeyen resim, orijinal resim olarak ifade edilir ve AKD kullanılarak frekans düzlemine aktarılır. Bu düzleme aktarılan veri insan görme duyusunun hassas olduğu katsayılar korunurken diğerleri daha az muhafaza edilir. Daha sonra frekans düzlemindeki veri TAKD ile tekrar uzay düzlemine dönüştürülür. Bu ters dönüşüm işleminde hesaplanan değerlerin sıkıştırılmış resme dönüştürülmesi için hesaplanan değerler yuvarlanır. Yuvarlama işleminde küsurat verileri kaybedilir. Kaybedilecek bu verilerin ham rastgele sayı üretiminde kullanıldı. Böylece dijital resim bir entropi kaynağı olarak kullanıldı. Daha sonra bu ham veriler ise son işlem olarak kriptografik hash algoritmasından geçirilerek güvenli gerçek rastgele sayılar üretilir.



Şekil 1. Önerilen metodun genel yapısı

AKD verilerin uzay düzleminden frekans düzlemine aktarılmasını sağlayan furier tabanlı bir dönüşümdür. İlk olarak orijinal veri AKD ile frekans düzlemine aktarılır. Bu düzleme aktarılan veriler katsayı matrisi ile ifade edilir. Bu katsayı matrisinin bazı değerleri korunurken bazı değerler ise ihmal edilir. Daha sonra frekans düzlemindeki veri TAKD dönüşümü kullanılarak uzay düzlemine aktarılır. Böylece orijinal veriden bazı kayıplar verilerek sıkıştırılmış veri oluşturulur. AKD dönüşümü için

kullanılan formül denklem1’de verildi. Öncelikle bu denklem kullanılarak uzay düzlemindeki resim frekans düzlemine aktarıldı. Bu matrisler kullanılarak ilgili düzlemler arasında dönüşümler yapıldı.

$$C(u, v) = a(u)a(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \left(\cos \frac{(2x+1)\pi x}{2N} + \sin \frac{(2y+1)\pi x}{2N} \right) \quad (1)$$

Burada a(u) ve a(v) değerleri denklem 2’de gibi hazırlanır ve bu değerlerin ölçeklendirilmesi olarak ifade edilmektedir.

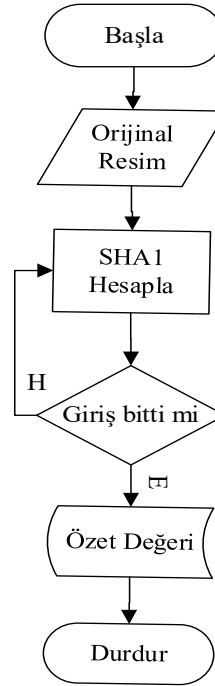
$$a(k) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & k = 0 \text{ ise} \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & k \neq 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (2)$$

TAKD ise denklem3’te gösterildiği gibi gerçekleştirilir. Bu veriler kullanılarak frekans düzleminde bulunan veriler TAKD yeniden uzay düzlemine aktarılır.

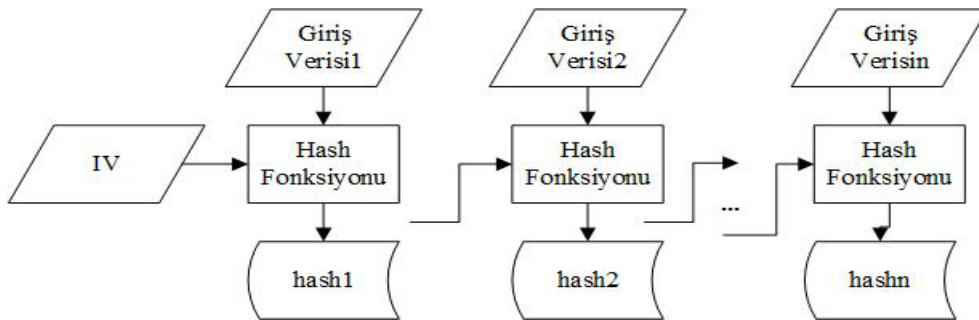
$$f(x, y) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=1}^{N-1} a(u)a(v)C(u, v) \left(\cos \frac{(2x+1)\pi x}{2N} + \sin \frac{(2y+1)\pi x}{2N} \right) \quad (3)$$

Tasarlanan üretilen son işlem algoritması olarak SHA1 kriptografik özet fonksiyonu kullanıldı. Bu fonksiyon birçok kriptografik protokolün ve sistemin temelinde yer alır. Bu fonksiyonları verilen bir mesaj için bu mesajın parmak izi olarak ifade edilebilen özetini oluşturur. Özet çıkarma işleminde giriş verisi bazı mantıksal veya cebirsel işlemlerden geçirilir ve sıkıştırılır. Böylece giriş verisindeki muhtemel zayıflıklar ve korelasyon giderilerek güvenli özet değerleri üretilir. Bu fonksiyonların genel yapısı Şekil 2’de verildi. Burada giriş mesajı bloklara ayrılarak SHA1 algoritmasından geçirilir. Son blok işlendikten sonra ise özet değeri üretilir.

Hash fonksiyonları tarafından üretilen özet değeri kullanılan fonksiyona bağlıdır. Farklı hash fonksiyonları kullanarak değişen uzunluklarda özet değeri üretilebilir. Bununla beraber kullanılan belirli bir fonksiyon için giriş mesajının uzunluğundan bağımsız olarak üretilen özet değeri sabit bir uzunluktadır. Bu problemin üstesinden gelmek ve istenilen uzunlukta çıkış verisi üretmek için Şekil 3’te verilen yapı önerildi. Bu yapıda kriptografik hash fonksiyonları ardışık bağlanarak özet değerinin boyutundan daha büyük boyutta rastgele sayıların üretilmesi sağlandı. Her bir adımda alınan özet değeri hem rastgele sayı üretiminde ve hem de bir sonraki özet değerinin hesaplaması işleminde giriş olarak kullanılır.



Şekil 2. Kriptografik özet fonksiyonlarının yapısı



Şekil 3. Tasarlanan Son işlem algoritmasının yapısı

3. Önerilen Yöntemin Sonuç Analizi

Rastgele sayıların kullanıldığı uygulamaların güvenliği rastgele sayıların güvenliğine bağlıdır. Çünkü bu sayılar bu uygulamaların en temel ve önemli parçasını oluşturur. Dolayısıyla bu uygulamalarda kullanılan sayıların güvenli olması bir zorunluluktur. Bu sayıların güvenli kabul edilebilmesi için çeşitli güvenlik parametreleri sağlaması gerekir. Bu parametrelerden ilki rastgele sayıların üretildiği kaynağın ve kullanılan yöntemin güvenli olmasıdır. İkinci olarak üretilen rastgele sayılar herhangi bir istatistiksel zayıflık içermemelidir. Diğer bir önemli parametre ise bu sayılar kriptografik uygulamalar için gerekli güvenlik gereksinimlerini karşılamalıdır. Bununla beraber rastgele sayıların üretim maliyeti diğer önemli bir parametredir.

Önerilen yaklaşım kayıplı sıkıştırmada yaygın kullanılan AKD ve TAKD dönüşümlerine dayanır. Bu yaklaşımla orijinal veriden bazı kayıplar verilerle sıkıştırılmış veri üretilir. Burada kayıp miktarı

orijinal resimdeki sıkışma oranına göre değişir. Burada frekans uzayına aktarılan verinin bazı katsayıları göz ardı edildiği için orijinal resim yeniden üretilmez. Böylece sıkıştırılmış veri üretilirken oluşan bu kayıp entropi kaynağı olarak kullanılabilir. Bu çalışmada bu entropi kaynağı kullanılarak ham rastgele sayılar üretildi. Çizelge 1’de rasgele sayı üretiminde kullanılan orijinal resmin piksel değerleri verildi. Çizelge 2’de sıkıştırılma işleminin ilk adımı olan AKD uygulanan verileri göstermektedir. Çizelge 3’te TAKD uygulanarak frekans düzleminden uzay düzlemine yapılan dönüşümünde belirlenen katsayı değerlerini vermektedir. Çizelge 4’te ise rastgele sayı üretiminde kullanılan ham verilere ait değerlerden bir kısmını göstermektedir.

Çizelge 1. Orijinal resmin piksel değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	225	226	225	226	227	228	228	228	227	229	228	227
2	224	225	225	226	227	228	227	228	228	228	228	227
3	224	225	226	226	227	228	228	227	227	229	228	228
4	224	225	225	228	227	226	228	228	228	229	228	229
5	222	225	224	226	226	228	227	228	228	228	228	228
6	223	224	224	226	226	226	227	227	228	228	228	229
7	224	224	225	226	226	226	226	226	227	228	228	228
8	223	223	224	225	226	226	227	227	227	228	226	227
9	224	224	224	226	226	227	228	228	229	227	228	227
10	224	224	225	225	226	228	227	228	229	229	229	228

Çizelge 2. AKD uygulanan örnek veriler

	1	2	3	4	5
1	29785.268548935 5	3603.6006282669 7	- 1762.6738572141 9	1621.0367620252 1	- 2092.8148100998 0
2	13557.385878640 7	1558.1216927027 4	- 619.01199500747 1	634.42129016171 6	- 603.34543007665 1
3	10940.093938826 9	779.34394080099 7	- 521.38607623483 4	583.21332475493 3	- 827.62945938361 9
4	85.499501216937 0	- 2757.8076229132 8	- 685.66672461063 9	- 354.22035986818 5	974.35782902438 4
5	- 100.69822820358 7	- 2397.7256428767 4	365.11599345481 3	- 680.76776413132 9	702.70634982826 3

Çizelge 3. TAKD uygulanan örnek veriler

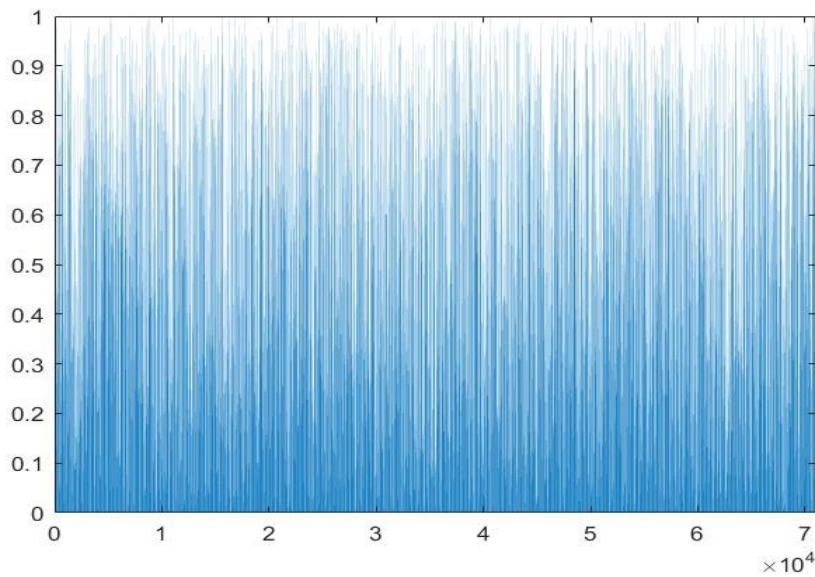
	1	2	3	4	5
1	0.9015851089411 95	0.9161522000505 51	0.9178059014820 07	0.9390508862937 54	0.9374344864367 37
2	0.9046356808919 01	0.9267774796945 00	0.9197659788204 72	0.9224150439785 54	0.9270464462315 55
3	0.9045306289278 33	0.9324461299318 00	0.9277718853286 33	0.9319092018998 30	0.9282959338848 07
4	0.9389076318003 96	0.9348412245355 32	0.9145530950416 29	0.9180743975832 35	0.9133471878124 85
5	0.9162760588034 25	0.9168415288831 39	0.9118447435356 91	0.9116009112549 35	0.9132425398526 93

Çizelge 4. Rastgele sayı üretiminde kullanılan ham veriler

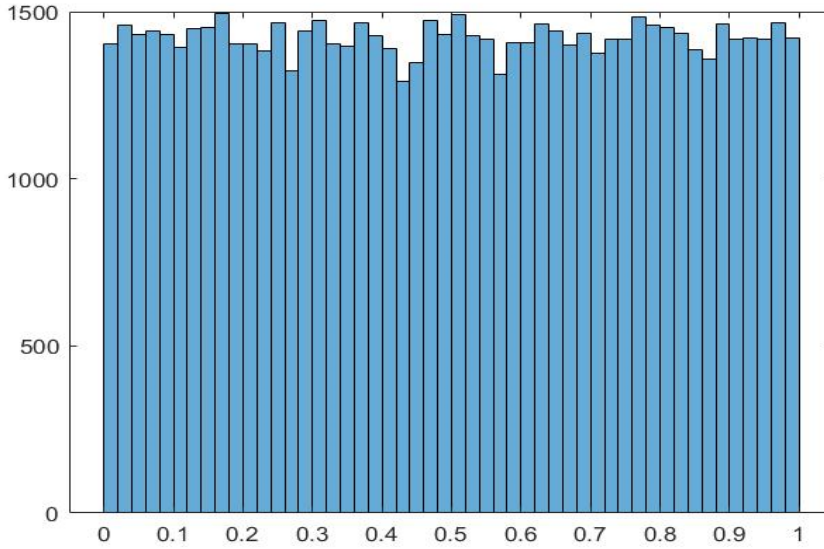
	1	2	3	4	5
1	0.3541070951821 15	0.89418678815326 3	0.7856514041724 84	0.3157921625145 26	0.76253624698767 9
2	0.7242892136173 96	0.57598426059149 7	0.9140302764604 37	0.6895677943898 59	0.73245670615540 4
3	0.7112029400390 44	0.06992733108683 07	0.8049467972498 41	0.7887611772957 83	0.07554177236679 04
4	0.9669476102078 82	0.67672338970317 0	0.3939392837652 63	0.3633820265958 43	0.99747376330117 3
5	0.8541411475512 18	0.82703583756170 9	0.6316853525483 45	0.2285204068661 53	0.06871201991887 69

Önerilen üreteçteki muhtemel korelasyon ve zayıflıklar giderilmesi için SHA1 kriptografik özet fonksiyonu kullanıldı. Bu fonksiyon kriptografik uygulamalar için gerekli olan gereksinimleri karşıladığından üretilen sayıların güvenliğini garanti eder. R1-R4 olarak ifade edilen bu gereksinimler üretilen sayıların istatistiksel zayıflık içermemesi, yeniden üretilmemesi, geriye döndürülememesi gibi parametrelerdir. İlk olarak SHA1 fonksiyonu, kriptografik özet fonksiyonlarında olduğu gibi tek yönlü olduğundan özet değerinden giriş mesajı hesaplanamaz [30]. Ayrıca kriptografik özet fonksiyonları çakışmaya karşı dayanıklı olduğundan farklı giriş mesajları için aynı özet değerini üretilemez. Bu gereksinimlerin karşılanması sağlanması güvenliği belirleyen iki önemli parametredir.

Güvenli rastgele sayı üreteçleri herhangi bir istatistiksel zayıflık içermemelidir. Bu zayıflıklar rastgele sayıları çeşitli saldırılara karşı açık hale getirir. SHA1 fonksiyonunun son işlem olarak kullanılması üreteçteki muhtemel istatistiksel zayıflıkların giderilmesini sağlar. Rastgele sayı üreteçlerini istatistiksel olarak değerlendirmek için histogram analizi yaygın bir şekilde kullanılan testlerden biridir. Ayrıca üretilen sayıların düzgün bir dağılıma sahip olması üretilen sayıların güvenliği için diğer bir önemli parametredir. Şekil 4'te verilen sonuçlar üretilen sayıların [0-1] aralığındaki dağılımını vermektedir. Şekilde dikey veriler [0-1] aralığında üretimini yatay ekseninde ise üretilen sayı adedini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi üretilen sayıların bir düzgün dağılıma sahip olduğunu ve üretecin güvenli olduğunu gösterir.

**Şekil 4.** Kullanılan Ham verilerin üretim aralığı

Histogram analizi istatistiksel analizde yaygın kullanıldığından üretilen sayıların analizinde de kullanıldı. Böylece üretilen rastgele sayılar istatistiksel olarak analiz edilir ve üretilen muhtemel istatistiksel zayıflıklar tespit edilir [31]. Histogram analizinde elde edilen düzgün dağılım önerilen yöntemin güvenli olduğunu ve istatistiksel zayıflık içermediğini gösterir. Önerilen yöntemle ilgili test sonuçları Şekil 5'te verildi. Şekildeki yatay eksen verilen aralıktaki sayıları gösterir. Şekildeki dikey eksen rastgele sayıların üretim adedini gösterir. Burada üretilen adedinin bir birine yakın olduğunu ve düzgün bir dağılıma sahip olduğunu gösterir.



Şekil 5. Üretilen ham verilerin histogram dağılımları

4. Sonuçlar

Rastgele sayılar birçok uygulamanın önemli bir parçasını oluşturur. Bu sayılar atmosferik veri, elektriksel gürültü gibi farklı kaynaklardan üretilebilir. Bu çalışmada ayrık kosinüs dönüşümünü temel alan kayıplı sıkıştırma işlemleri kullanılarak rastgele sayılar üretildi. AKD uzay düzlemindeki verileri frekans düzlemine aktarılır. Frekans düzlemine aktarılan veriye ait katsayı matrisindeki bazı katsayılar, insan görme duyusu dikkate alınarak korunurken bazıları ise ihmal edilir. Böylece orijinal resim bazı kayıplar verilerle sıkıştırılır. Daha sonra frekans düzlemindeki veriler TAKD kullanılarak yeniden uzay düzlemine aktarılır. Bu sayıları uzay düzleminde ifade etmek için veriler yuvarlanır ve kayıplar oluşur. Bu çalışmada bu kayıplar entropi kaynağı olarak kullanılıp rastgele sayılar üretildi. Üretilen sayılardaki muhtemel zayıflıkların giderilmesi için son işlem algoritması olarak SHA1 kriptografik özet fonksiyonu kullanıldı. Bu fonksiyonun tek yönlü ve çakışmaya dayanıklı olması üretilen sayıların güvenli olmasını sağlar. Böylece başta kriptografik uygulamalar olmak üzere birçok alanda gerekli olan güvenlik gereksinimleri karşılanır. Histogram analizi kullanılarak üretilen sayıların herhangi bir istatistiksel zayıflık içermediği gösterildi.

Kaynaklar

- [1] Yadav H, Gautam, S, Rana, A, Bhardwaj, J, Tyagi, N. Various Types of Cybercrime and Its Affected Area. In: Tavares, J.M.R.S. Chakrabarti, S., Bhattacharya, A., Ghatak, S. (eds) Emerging Technologies in Data Mining and Information Security. Lecture Notes in Networks and Systems, 2021; vol 164. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9774-9_30

- [2] Yakut S. Random Number Generator Based on Discrete Cosine Transform Based Lossy Picture Compression. *NATURENGS*, 2021; 2 (2): 76-85. DOI: 10.46572/naturengs.1009013
- [3] Koç Ç. *Cryptographic Engineering*. Springer, New York 2009.
- [4] Menezes AJ, van Oorschot PC, Vanstone SA. *Handbook of Applied Cryptography*, 1st edn. CRC Press, Boca Raton. 1996.
- [5] Paar C, Pelzl J. *Understanding cryptography: a textbook for students and practitioners*, Universitat Bochum, Bochum, Germany, Springer Publishing Company, 2009.
- [6] Garipcan AM. Gerçek rasgele sayı üreteçlerinin performansını iyileştirmek için yer değiştirme kutularını temel alan yeni bir yaklaşım, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 2021.
- [7] Yakut S. Gerçek Rasgele Sayı Üreteçlerinin Tasarlanması ve Analizi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 2019.
- [8] Datcu O, Macovei C, Hobincu R. Chaos Based Cryptographic Pseudo-Random Number Generator Template with Dynamic State Change. *Applied Sciences*. 2020; 10, 451. <https://doi.org/10.3390/app10020451>
- [9] Al-Roithy BO, Gutub A Remodeling randomness prioritization to boost-up security of RGB image encryption. *Multimed Tools Applications*. 2021; 80, 28521–28581. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11051-3>
- [10] Aljohani M, Ahmad I, Basher M, Alassafi MO. Performance Analysis of Cryptographic Pseudorandom Number Generators. *IEEE Access*. 2019; 7: 39794–39805.
- [11] Kopparthi VR, Kali A, Sabat SL, Anumandla KK, Peesapati R, Fouda JAE. Hardware architecture of a digital piecewise linear chaotic map with perturbation for pseudorandom number generation. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 2022; 147, 154138.
- [12] Parisot A, Bento LMS, Machado RCS. Testing and selecting lightweight pseudo-random number generators for IoT devices. 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0&IoT). 2021; pp. 715-720, doi: 10.1109/MetroInd4.0IoT51437.2021.9488454.
- [13] Yakut S, Tuncer T, Özer AB. A New Secure and Efficient Approach for TRNG and Its Post-Processing Algorithms. *Journal of Circuits, Systems and Computers*. 2020.
- [14] Avaroğlu E, Tuncer T. A novel S-box-based postprocessing method for true random number generation. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. 2020; 28: 288–301.
- [15] Garipcan AM, Erdem E. A GRSÜ using chaotic entropy pool as a post-processing technique: analysis, design and FPGA implementation. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*. 2020; 103(3): 391-410.
- [16] Łoza Sz, Matuszewski Ł, Jessa M, A Random Number Generator Using Ring Oscillators and SHA-256 as Post-Processing. *International Journal of Electronics and Telecommunications*. 2015; 61(2): 199-204.
- [17] Garipcan AM, Erdem E. A gigabit TRNG with novel lightweight post-processing method for cryptographic applications. *European Physical Journal Plus* 137. 2022. 493: <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-02679-7>
- [18] Patel R, Lad K, Patel M. A Robust Video Steganography Over DCT Components of Motion Region in Compressed Domain. *Soft Computing and Signal Processing. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021; 1325. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6912-2_33
- [19] Fuad M, Ernawan F. Video steganography based on DCT psychovisual and object motion. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2020; 9(3): 1015~1023, ISSN: 2302-9285, doi: 10.11591/eei.v9i3.1859
- [20] Roman S. Hybrid Adaptive Lossless Image Compression Based on Discrete Wavelet Transform. *Entropy (Basel, Switzerland)*. 2020; 22(7): 751, doi:10.3390/e22070751
- [21] Patel R, Lad K, Patel M. Study and investigation of video steganography over uncompressed and compressed domain: a comprehensive review. *Multimedia Systems* 2021; 27: 985–1024. <https://doi.org/10.1007/s00530-021-00763-z>

- [22] Hudson G, Yasuda H, Sebestyen I. The international standardization of a still picture compression technique. in IEEE Globecom Conf., Proc. of the Global Telecommunication Conf.. 1988; 1015 – 1021. <https://doi.org/10.1109/GLOCOM.1988.25989>
- [23] Wedaj FT, Kim S, Kim H J, et al. Improved reversible data hiding in JPEG images based on new coefficient selection strategy[J]. *Eurasip Journal on Image & Video Processing*. 2017; 2017(1):63.
- [24] Ajmera A, Divecha M, Ghosh SS, Raval I, Chaturvedi R. Video Steganography: Using Scrambling-AES Encryption and DCT, DST Steganography. 2019 IEEE Pune Section International Conference (PuneCon). 2019; 1-7, doi: 10.1109/PuneCon46936.2019.9105666.
- [25] Mao BH, Wang ZC, Zhang XP. Asymmetric JPEG Steganography Based on Correlation in DCT Domain. *Computer Science*. 2019; 46(01): 203-207.
- [26] Nasir A, Natarajan T, Rao KR. "Discrete Cosine Transform", *IEEE Transactions on Computers*, ; C-23 (1): 90–93, doi:10.1109/T-C.1974.223784
- [27] Al-Roithy BO, Gutub A. Remodeling randomness prioritization to boost-up security of RGB image encryption. *Multimed Tools Applications*. 2021; 80: 28521–28581. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11051-3>
- [28] Dang Q. Secure Hash Standard (SHS), Federal Inf. Process. Stds. (NIST FIPS), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 2012; [online], <https://doi.org/10.6028/NIST.FIPS.180-4> (Accessed June 30, 2022)
- [29] Sumagita M, Riadi I, Soepomo JP, Warungboto U. Analysis of secure hash algorithm (SHA) 512 for encryption process on web based application. *Int J Cyber-Secur Digital for (IJCSDF)*. 2018; 7(4): 373–381
- [30] FIPS PUB 180-4, Secure Hash Standard (SHS), Federal Information Processing Standards Publication, 2015.
- [31] Rukhin A, Soto J, Nechvatal J, Smid M, Banks DA. statistical test suite for random and pseudorandom number generators for statistical applications. NIST Special Publication in Computer Security. 2001.

EFFECT OF THE FINITE ELEMENT MODELING TECHNIQUES ON THE DYNAMIC ANALYSIS OF BEAMS

Ahmad Reshad NOORI^{1*}, Sefa YILDIRIM²

¹İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 34315, Türkiye

²Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Antalya, 07425, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 09.09.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 08.10.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1173315

ABSTRACT

Analysis of the free and forced vibration responses of beams is one of the most critical problems to be examined in the design step of these structural members. The finite-element method which solves boundary value problems can be applied efficiently to vibration problems. In this study, the natural vibration frequency, damped and undamped transient analyses of the pinned-pinned beams are investigated. The well-known finite-element software packages, ANSYS and SAP2000, are used. The 2-D elastic beam which is based on the Euler-Bernoulli Beam theory, 3-D two-node and 3-D three-node beam elements which are based on Timoshenko beam theory, and four-node shell elements are used in ANSYS, and the frame member is utilized in SAP2000. The effect of these elements on the dynamic behaviors of the isotropic beam is discussed. The results are given in tabular and graphical form for the free and forced vibration, respectively.

Keywords: *Free Vibration, Forced Vibration, Beam, Finite-Element Method, Viscoelastic*

SONLU ELEMAN MODELLEME TEKNİKLERİNİN KİRİŞLERİN DİNAMİK ANALİZİNE ETKİSİ

ÖZET

Kirişlerin serbest ve zorlanmış titreşim davranışlarının analizi, bu yapı elemanlarının tasarım aşamasında incelenmesi gereken en kritik problemlerden biridir. Sınır değer problemlerini çözen sonlu elemanlar yöntemi, titreşim problemlerine de etkin bir şekilde uygulanabilir. Bu çalışmada, iki ucundan sabit mesnetli kirişlerin doğal titreşim frekansları ile sönümlü ve sönümsüz zorlanmış titreşim analizleri incelenmiştir. Analizlerde, iyi bilinen sonlu eleman yazılım paket programları ANSYS ve SAP2000 kullanılmıştır. ANSYS'te Euler-Bernoulli Kiriş teorisine dayanan 2 boyutlu elastik kiriş, Timoshenko kiriş teorisine dayanan 3 boyutlu iki düğümlü ile 3 boyutlu üç düğümlü kiriş elemanları ve dört düğümlü kabuk elemanlar kullanılırken SAP2000'de ise çerçeve elemanı kullanılmıştır. Bu elemanların izotropik kirişin dinamik davranışları üzerindeki etkisi tartışılmıştır. Sonuçlar, serbest ve zorlanmış titreşim için sırasıyla tablo ve grafik şeklinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Serbest Titreşim, Zorlanmış Titreşim, Kiriş, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Viskoelastik.*

1. Introduction

Beams are widely used in many engineering applications as structural members therefore understanding their vibration behaviors is an important case. The finite element is one of the most common methods in the analysis of vibration problems of beams., Kapur [1], Thomas and Abbas [2]

*e-posta ¹arnoori@gelisim.edu.tr

e-posta ²sefa.yildirim@alanya.edu.tr

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6232-6303> (Sorumlu Yazar)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9204-5868>

Gupta and Rao [3], Dawe [4], Chen and Yang [5], and Ahmed [6] can be cited as pioneering studies concerning finite-element and beam vibration. Hereafter, the vibration of beam problems solved by the finite element method will be discussed. Yang et al. [7] have studied the free in-plane vibration of generally curved beams with variable curvatures, shear deformation, and rotary inertia using the Galerkin finite element method. Natural vibrations of laminated and delaminated beams have been investigated using a mixed finite-element model by Ramtekkar [8] and Ramtekkar et al. [9].

The vibration of axially or transversely Euler–Bernoulli beams is studied by Alshorbagy et al. [10] using the principle of virtual work. Jafari and Eftekhari [11] have presented a coupled finite element-differential quadrature formulation for the forced vibration of beams subjected to moving dynamic loads. Yang et al. [12] studied the dynamic buckling of the thin walled beams with the aid of spline finite element.

Euler–Bernoulli and Timoshenko cross-ply beams are investigated to determine the natural frequencies by Madenci and Ozutok [13] using the Gâteaux differential approach and finite element. Javid and Hemmatnezhad [14] have studied the large-amplitude oscillations of heterogeneous Euler–Bernoulli beams by employing the von Karman type nonlinear strain-displacement relationship. Vo et al. [15] have examined the vibration and buckling behaviors of functionally-graded sandwich beams. In their study, a refined shear deformation theory with the combination of the finite-element method is applied to determine the natural frequencies and corresponding mode shapes, critical buckling loads, and load–frequency curves. Rakowski and Guminiak [16] have presented the finite-element solution to non-linear free vibration characteristics of isotropic Timoshenko beams.

The natural frequencies of the composite coated beams with isotropic core have been investigated by Tekili et al. [17]. Enriched finite-element methods have been developed by Hsu [18] to investigate the vibration behavior of beams using hierarchical approximation and partition of unity method where Timoshenko beam theory is considered. The free vibration and buckling analyses of heterogeneous beams are conducted by Kahya and Turan [19]. In their study, the first-order shear deformation and element with five nodes and ten degrees of freedom are used. Natural frequencies of three-dimensional Timoshenko sandwich beams are determined by Hui et al. [20] where a hierarchical one-dimensional unified formulation is adopted to the finite-element method. Karkon [21] has presented an efficient finite-element method to tackle the vibration, bending, and stability analyses of Timoshenko beams. Eroglu and Tufekci [22] have studied in-plane free vibration of planar curved beams with variable curvature, and cross-section. The free vibration of tapered bi-directional heterogeneous beam is studied by Nguyen and Tran [23] using hierarchical approximation and the first-order shear deformation theory. Pegios and Hatzigeorgiou [24] have investigated the free and forced vibration behaviors of the Euler–Bernoulli beam.

To the best of the authors' knowledge only there are few available works that directly dealt with the type of element for the free vibration of structural elements in the open literature. Using the appropriate element type in the dynamic analysis of beam structures via the FEM is an important factor that affects the accuracy of the results. In this regard, this research focuses on the element type for the vibration problems of beams. Several finite element types which are generally used in the FEM are compared for the free vibration and forced vibration analysis. The material of the beam is assumed to be isotropic and homogenous. In the viscoelastic analysis, the Rayleigh damping matrix is applied and the mass proportional Rayleigh damping coefficient is assumed to be zero. To present this study in better means, it is ordered as follows: Section 2 provides information about the details of the analysis. Section 3 shows the results and discussion and finally, Section 4 is dedicated to the most important conclusion of this study.

2. Material and Methods

A beam having a rectangular cross-section with length L , depth h and width b is examined. The simulated boundary condition is pinned-pinned and the beam geometry is uniform for the sake of

simplicity. Steel and Aluminum are used in the analysis as the beam materials. The illustration of beam with its boundary conditions is given in Figure 1.

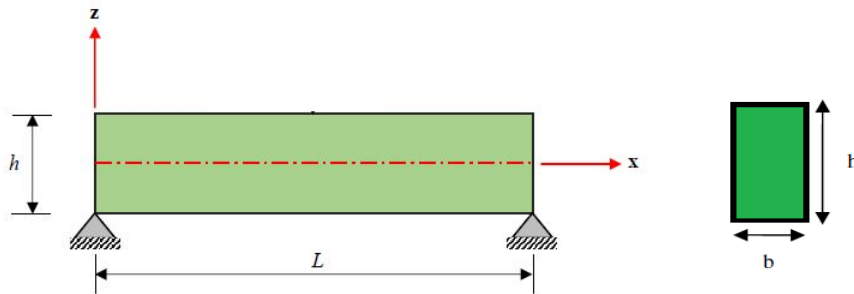


Figure 1. Illustration of homogeneous isotropic beam with pinned ends

The finite element applications on the dynamic analysis of beam are conducted using two different software packages as ANSYS and SAP2000. The element types used in ANSYS are BEAM3, BEAM188, BEAM189, and SHELL181, respectively.

BEAM 3 is a two-node uniaxial beam element in 2-D having tension, compression, and bending capabilities. The element has three degrees of freedom at each node that are translations in the x and y directions and rotation about the z direction. BEAM 3 uses Euler-Bernoulli beam theory where the shear deformations are neglected. BEAM188 uses Timoshenko beam theory where the shear deformation effects are considered. The two-node element in 3-D may be linear, quadratic, or cubic. The degrees of freedom at each node are six or optionally seven having translations in and rotations about the x, y, and z directions. BEAM189 uses the same theory and degree of freedom with BEAM188, however, it is a quadratic three node beam element in 3-D. Both elements are proper for slender to moderately thick beams. SHELL181, based on Mindlin-Reissner shell theory, is a linear four node element. The element has six degrees of freedom at each node as the translations in and rotations about the x, y, and z axes. It is mainly used for the analyzing thin to moderately thick shells. For more detailed information about the restriction and assumptions of these finite element types please see [25].

The SAP2000 offers frame, hinge, cable, shell, plane, asolid, solid, link and tendon elements and the frame element is used in this study. The frame element is based on 3-D beam-column formulation may be prismatic or nonprismatic. The element includes the effects of biaxial bending and shear deformations, torsion and axial deformation and is proper for beams, columns, braces, and trusses in 2-D and 3-D structures [26].

3. Results and Discussions

The material properties used in this paper are: $E_{St} = 210$ GPa, $\rho_{St} = 7850$ kg/m³, $\nu_{St} = 0.3$ and $E_{Al} = 70$ GPa, $\rho_{Al} = 2707$ kg/m³, $\nu_{Al} = 0.3$. The geometric properties are: $h = 0.125$ m, $b = 0.125$ m, and $L = 0.5$ m. Effects of the element type on the free vibration, damped and undamped forced vibration are studied and comprehensive numerical examples are presented hereafter. As a first step, a homogeneous beam with simply-supported ends is considered for the free vibration, and the first 15 natural frequencies of steel and aluminium beam are determined using different elements. The tabulated results are given in Table 1 and 2 and compared with those of Li [27] for the purpose of verifying.

As it can be seen from the Table 2 and 3, each of ANSYS results with all elements considered here is closer to the exact solution of Li [27] than those of the SAP2000. Also, comparing with other ANSYS elements, BEAM188 provides more accurate results. Natural frequency and SAP2000 analyses are concluded here.

Table 1. First 15 natural frequencies (Rad/s) of homogeneous beam with pinned ends (Steel)

Mode	Li [27]	BEAM188	BEAM189	BEAM3	SHELL181	SAP2000
1	6728.89	6717.35	6716.73	6712.33	6714.21	6838.20
2	22279.03	22181.53	22173.99	22136.92	22144.46	22963.49
3	41094.04	40833.16	40806.78	40708.76	40701.85	42184.48
4	60889.98	60424.76	60362.56	60194.80	60135.11	61678.20
5	80895.78	80217.43	80098.05	79865.57	79702.21	64721.27
6	82755.11	81568.31	81574.59	81166.19	81147.34	80592.34
7	90616.10	89478.84	89485.13	89108.13	88523.80	96582.80
8	100855.65	99965.48	99770.70	99487.96	99469.11	98689.99
9	109474.39	108416.36	108422.65	108102.20	106412.03	115887.89
10	120693.16	119619.28	119311.41	119009.81	118299.81	127848.87
11	133540.31	132568.93	132562.64	132317.60	132053.71	132130.93
12	140396.00	139166.27	138720.17	138424.86	138519.10	147365.39
13	159973.97	158625.30	158003.26	157745.65	158380.25	158326.72
14	160222.27	159354.15	159316.45	159178.22	159077.69	161533.53
15	179443.08	178015.21	177179.54	177009.90	176991.05	174575.48

Table 2. First 15 natural frequencies (Rad/s) of homogeneous beam with hinged ends (Al)

Mode	Li [27]	BEAM188	BEAM189	BEAM3	SHELL181	SAP2000
1	6615.66	6604.26	6603.63	6599.23	6601.11	6723.91
2	21904.14	21808.31	21801.40	21764.33	21771.87	22579.70
3	40402.57	40146.41	40120.02	40023.89	40016.98	41479.45
4	59865.40	59408.15	59347.20	59181.95	59122.89	60647.36
5	79534.57	78866.54	78747.16	78520.97	78363.89	63639.56
6	81362.61	80198.58	80198.58	79802.74	81430.08	79245.42
7	89091.33	87970.88	87977.16	87606.45	87034.68	97040.76
8	99158.58	98287.87	98093.09	97816.63	97483.62	97040.78
9	107632.30	106587.96	106600.52	106280.08	104621.32	113951.03
10	118662.29	117602.38	117307.07	117005.48	116308.04	125712.15
11	131293.26	130338.40	130332.11	130093.35	130910.17	129922.64
12	138033.60	136822.64	136389.10	136093.79	136188.04	144902.44
13	157282.14	155954.94	155345.47	155094.15	154440.69	155680.62
14	157526.26	156671.23	156633.53	156495.30	156401.05	158833.84
15	176423.64	175018.13	174195.03	174031.67	174012.82	171656.62

As the elasto-dynamic cases, the maximum vertical displacement and moment are examined. The load type applied to beams for undamped forced vibration is depicted in Figure 2.

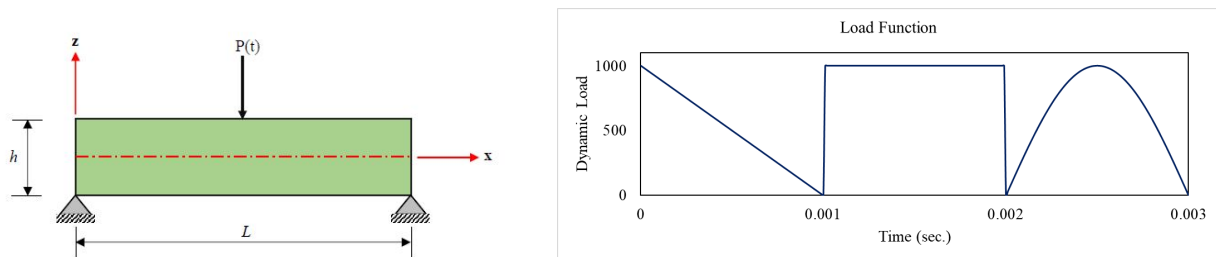


Figure 2. The dynamic load function for the undamped forced vibration

The maximum vertical displacement and moment responses of aluminum and steel beams are illustrated in Figure 3 and 4. It can be observed in the given figures that periods and amplitudes of the vibration are greater when Al is used as the material of the beam.

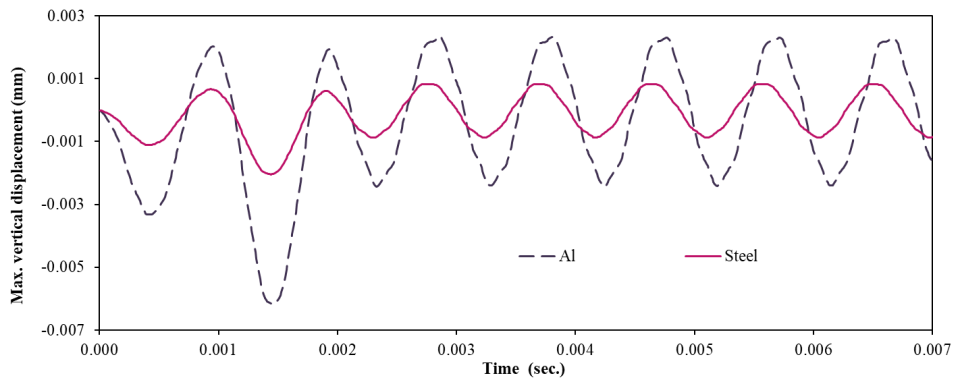


Figure 3. The maximum vertical displacements versus time for Steel and Aluminum beam

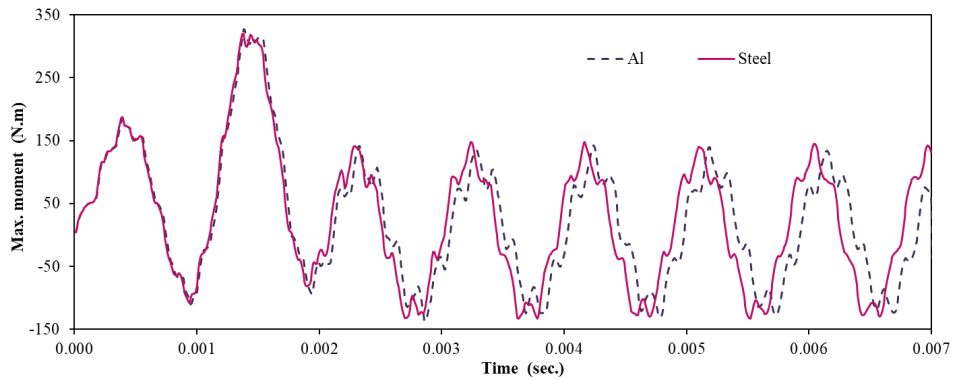
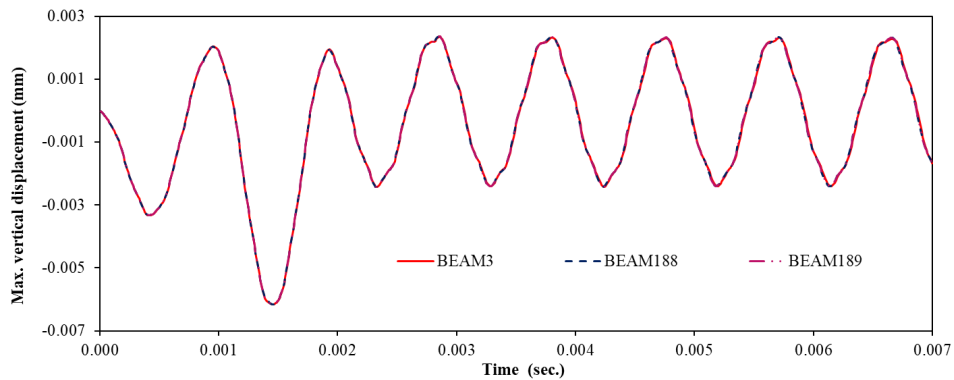
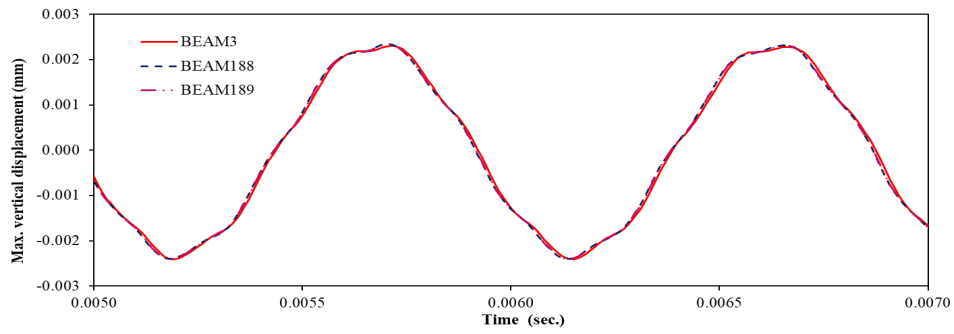


Figure 4. The maximum moments versus time for Steel and Aluminum beam

The influences of element types of ANSYS on the undamped forced vibration of aluminum beam are shown in Figure 5 and 6. The results of BEAM188 and BEAM189 overlap, since both of these elements are based on first-order-shear deformation theory. Note that aluminum is used as the beam material for all the element type analyses hereafter to satisfy a comprehensive reading. The shear deformation is not considered in BEAM3, for this reason the amplituded and periods differ from those of BEAM188 and BEAM189.

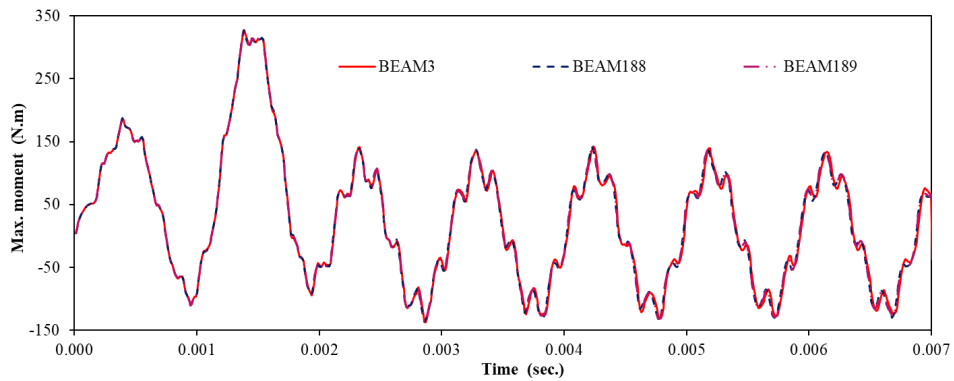


(a)

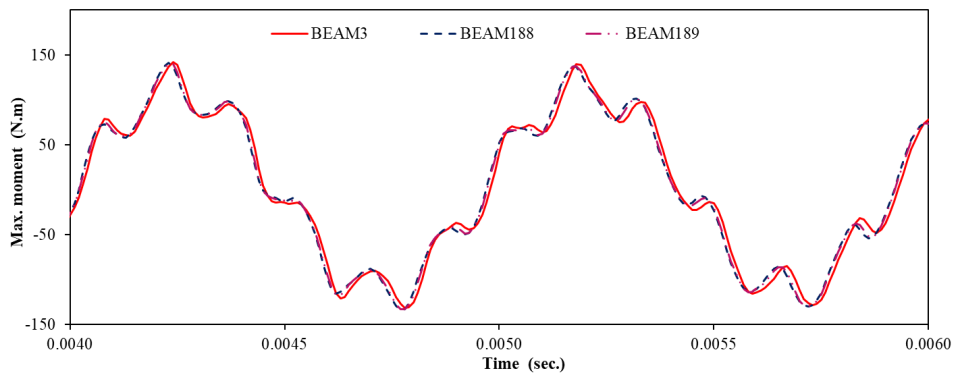


(b)

Figure 5. (a) Maximum vertical displacement versus time (b) its detailed illustration between 0.0050 and 0.0070 seconds for undamped vibration.



(a)



(b)

Figure 6. (a) Maximum moment versus time (b) its detailed illustration between 0.0040 and 0.0060 seconds for undamped vibration.

The step load function shown in Figure 7 is used for the element type investigation of damped forced vibration. Note that ANSYS offers many forms of damping and in this study, the Rayleigh damping matrix is applied and the mass proportional Rayleigh damping coefficient (α) is ignored. The coefficient of damping, g , is calculated from values of ζ (the ratio of actual damping to critical damping), and ω_1 by $\beta=2 \zeta / \omega_1$, and ω_1 is the first fundamental frequency of the structure here.

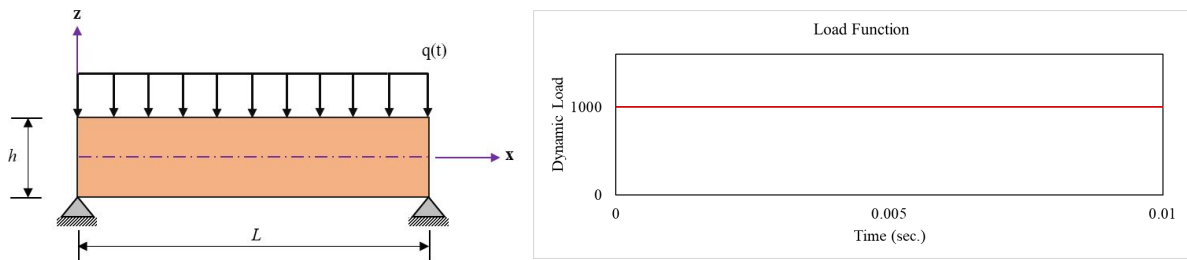
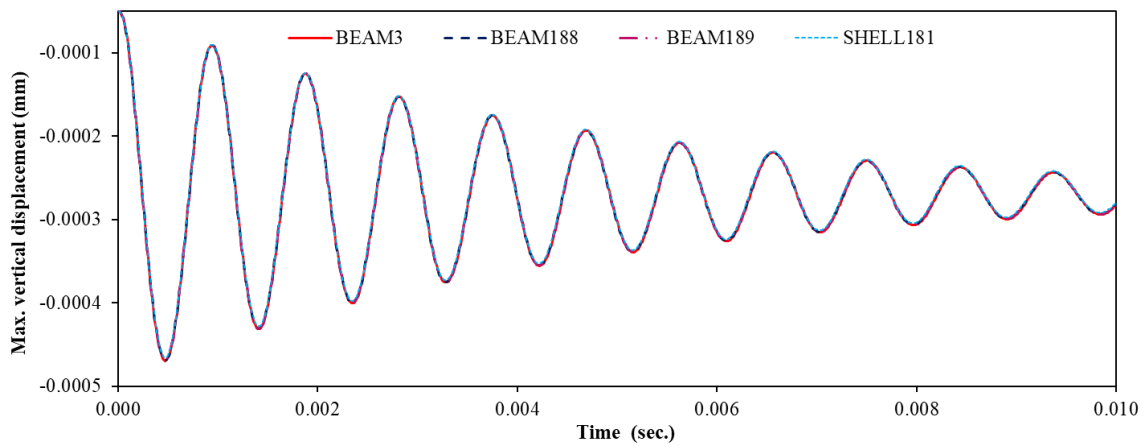
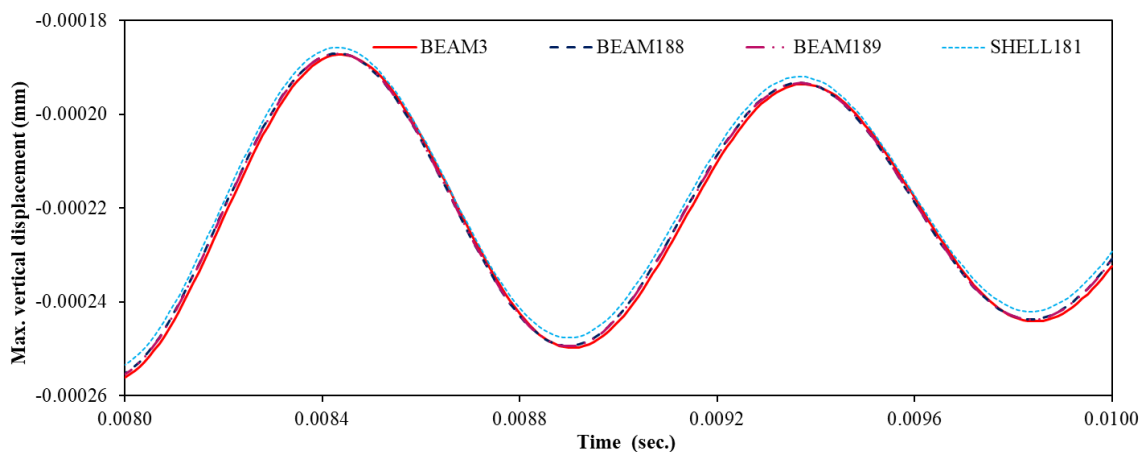


Figure 7. The dynamic load function for the undamped forced vibration

The viscoelastic response of beam are illustrated in Figures 8 and 9 for the maximum vertical displacement and maximum moment, respectively. From the figures, the results obtained by using Beam elements are in exact agreement with each other, however, results obtained by using SHELL181 do not overlap those of BEAM3, BEAM188 and BEAM189.



(a)



(b)

Figure 8. (a) Maximum vertical displacement versus time (b) its detailed illustration between 0.0080 and 0.0100 seconds for damped vibration.

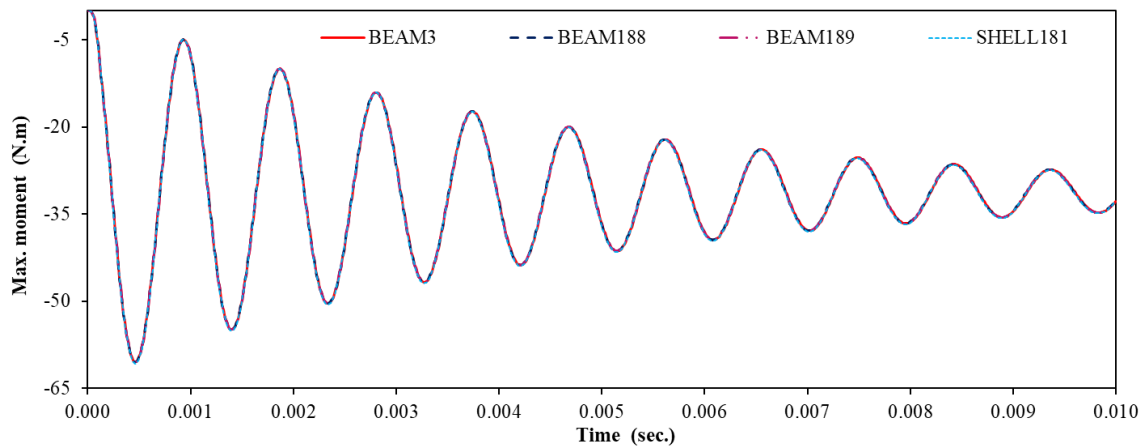


Figure 9. Maximum moment versus time for damped vibration

4. Conclusions

In this study, the finite-element method is used for the vibration problems of homogeneous isotropic beams. BEAM3, BEAM188, BEAM189 and SHELL181 are compared for free vibration and forced vibration analysis of the beams. BEAM 3 is based on the Euler-Bernoulli beam theory or classical beam theory. BEAM188 and BEAM189 are based on the first order shear deformation theory. SHELL181 is based on the Mindlin-Reissner shell theory. The influence of the type of element on the free vibration response of the beams is obvious. Results of ANSYS are closer to the exact solution than those of the SAP2000. It is suggested to use BEAM188 or BEAM 189. In the elastic case results of BEAM188 and BEAM189 overlap, because both of these elements are based on FSDT. In the viscoelastic case, it is concluded that results obtained by using SHELL181 do not overlap those of BEAM3, BEAM188 and BEAM189.

Declaration of Conflicting Interests

The author declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

References

- [1] Kapur KK. Vibrations of a Timoshenko beam, using finite - element approach. *The Journal of the Acoustical Society of America* 1966;40:1058–63. <https://doi.org/10.1121/1.1910188>.
- [2] Thomas J, Abbas BAH. Finite element model for dynamic analysis of Timoshenko beam. *Journal of Sound and Vibration* 1975;41:291–9. [https://doi.org/10.1016/S0022-460X\(75\)80176-3](https://doi.org/10.1016/S0022-460X(75)80176-3).
- [3] Gupta RS, Rao SS. Finite element eigenvalue analysis of tapered and twisted Timoshenko beams. *Journal of Sound and Vibration* 1978;56:187–200. [https://doi.org/10.1016/S0022-460X\(78\)80014-5](https://doi.org/10.1016/S0022-460X(78)80014-5).
- [4] Dawe DJ. A finite element for the vibration analysis of Timoshenko beams. *Journal of Sound and Vibration* 1978;60:11–20. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(78\)90397-8](https://doi.org/10.1016/0022-460X(78)90397-8).

- [5] Chen AT, Yang TY. Static and dynamic formulation of a symmetrically laminated beam finite element for a microcomputer. *Journal of Composite Materials*. 1985;19(5):459-475. doi:10.1177/002199838501900505
- [6] -Ahmed KM. Free vibration of curved sandwich beams by the method of finite elements. *Journal of Sound and Vibration* 1971;18:61–74. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(71\)90631-6](https://doi.org/10.1016/0022-460X(71)90631-6).
- [7] Yang F, Sedaghati R, Esmailzadeh E. Free in-plane vibration of general curved beams using finite element method. *Journal of Sound and Vibration* 2008;318:850–67. <https://doi.org/10.1016/J.JSV.2008.04.041>.
- [8] Ramtekkar GS. Free vibration analysis of delaminated beams using mixed finite element model. *Journal of Sound and Vibration* 2009;328:428–40. <https://doi.org/10.1016/J.JSV.2009.08.008>.
- [9] Ramtekkar GS, Desai YM, Shah AH. Natural vibrations of laminated composite beams by using mixed finite element modelling. *Journal of Sound and Vibration* 2002;257:635–51. <https://doi.org/10.1006/JSVI.2002.5072>.
- [10] Alshorbagy AE, Eltaher MA, Mahmoud FF. Free vibration characteristics of a functionally graded beam by finite element method. *Applied Mathematical Modelling* 2011;35:412–25. <https://doi.org/10.1016/J.APM.2010.07.006>.
- [11] Jafari AA, Eftekhari SA. A new mixed finite element-differential quadrature formulation for forced vibration of beams carrying moving loads. *Journal of Applied Mechanics, Transactions ASME* 2011;78:0110201–01102016. <https://doi.org/10.1115/1.4002037/465703>.
- [12] Yang H, Lo SH, Sze KY, Leung AYT. Coupled static and dynamic buckling of thin walled beam by spline finite element. *Thin-Walled Structures* 2012;60:118–26. <https://doi.org/10.1016/J.TWS.2012.07.012>.
- [13] Özütok A, Madenci E. Free vibration analysis of cross-ply laminated composite beams by mixed finite element formulation. *International journal of structural stability and dynamics* 2013;13. <https://doi.org/10.1142/S0219455412500563>.
- [14] Javid M, Hemmatnezhad M. Finite element formulation for the large-amplitude vibrations of FG beams. *Archive of Mechanical Engineering* 2014;61:469--482. <https://doi.org/10.2478/MECENG-2014-0027>.
- [15] Vo TP, Thai HT, Nguyen TK, Maheri A, Lee J. Finite element model for vibration and buckling of functionally graded sandwich beams based on a refined shear deformation theory. *Engineering Structures* 2014;64:12–22. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2014.01.029>.
- [16] Rakowski J, Guminiak M. Non-linear vibration of Timoshenko beams by finite element method. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics* 2015;53:731–43. <https://doi.org/10.15632/JTAM-PL.53.3.731>.
- [17] Tekili S, Youcef K, Merzoug B. Finite element analysis of free vibration of beams with composite coats. *Mechanika* 2015;21:290–295–290–295. <https://doi.org/10.5755/J01.MECH.21.4.9849>.
- [18] Shang Hsu Y. Enriched finite element methods for Timoshenko beam free vibration analysis. *Applied Mathematical Modelling* 2016;40:7012–33. <https://doi.org/10.1016/J.APM.2016.02.042>.
- [19] Kahya V, Turan M. Finite element model for vibration and buckling of functionally graded beams based on the first-order shear deformation theory. *Composites Part B: Engineering* 2017;109:108–15. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2016.10.039>.
- [20] Hui Y, Giunta G, Belouettar S, Huang Q, Hu H, Carrera E. A free vibration analysis of three-dimensional sandwich beams using hierarchical one-dimensional finite elements. *Composites Part B: Engineering* 2017;110:7–19. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2016.10.065>.

- [21] Karkon M. An efficient finite element formulation for bending, free vibration and stability analysis of Timoshenko beams. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 2018;40:1–16. <https://doi.org/10.1007/S40430-018-1413-0/TABLES/6>.
- [22] Eroglu U, Tufekci E. A new finite element formulation for free vibrations of planar curved beams. *Mechanics Based Design of Structures and Machines* 2018;46:730–50. <https://doi.org/10.1080/15397734.2018.1456343>.
- [23] Nguyen DK, Tran TT. Free vibration of tapered BFGM beams using an efficient shear deformable finite element model. *Steel and Composite Structures* 2018;29:363–77. <https://doi.org/10.12989/SCS.2018.29.3.363>.
- [24] Pegios IP, Hatzigeorgiou GD. Finite element free and forced vibration analysis of gradient elastic beam structures. *Acta Mechanica* 2018 229:12 2018;229:4817–30. <https://doi.org/10.1007/S00707-018-2261-9>.
- [25] Mechanical APDL Element Reference, 2013, Inc., 275 Technology Drive, Canonsburg, PA 15317.
- [26] Analysis Reference Manual For SAP2000®, ETABS®, SAFE® and CSiBridge, Computers & Structures, 1978-2016.
- [27] Li XF. A unified approach for analyzing static and dynamic behaviors of functionally graded Timoshenko and Euler–Bernoulli beams. *Journal of Sound and Vibration* 2008;318:1210–29. <https://doi.org/10.1016/J.JSV.2008.04.056>.

GRAFİT İÇEREN NANOAKIŞKAN KULLANILARAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN PERFORMANSLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Yağız ÇOTUR, Tarkan KOCA^{2*}

¹İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Malatya, 044100, Türkiye

²İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya, 044100, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 30.10.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 26.12.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1196731

ÖZET

Bu çalışmada iç borusu helisel tip olan bir eş merkezli ve iç içe borulu ısı değiştiricide paralel akış şartlarında ısı transferini iyileştirmek amacıyla nanoakışkan kullanımının ısı transferine olan etkisi incelenmiştir. Çalışmanın amacı grafit-saf su nanoakışkanı kullanarak ısı değiştiricide ısı verimliliğinin artırılmasıdır. Deney setinde saf suyun içerisine %0,25 hacimsel oranda grafit süspansiyonu edilmiş ve nanoakışkan kullanımının saf suya göre ısı transferine ve etkinlik katsayısına olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Sıcak akışkan olarak grafit-saf su nanoakışkanı, soğuk akışkan olarak da saf su kullanılmıştır. Çalışmada sıcak su debisi 3 l/dk, giriş sıcaklığı 55 °C değerinde sabit alınmıştır. Sıcak akışkanın soğuk akışkana debi oranlarının 1, 0.75, 0.5 ve 0.25 olması için, soğuk akışkan debisi 3, 4, 6 ve 12 l/dk olmak üzere dört farklı değerde alınmıştır. Saf su ve nanoakışkan ile yapılan deneylerden elde edilen veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu ısı değiştiricide grafit-saf su nanoakışkanın kullanılmasının ısı verimliliği artırdığı gözlemlenmiştir. Sistem kararlı hale geldikten sonra alınan verilerde grafit-saf su nanoakışkanın saf suya göre paralel akışta 3 l/dk debide %13,23 iyileştirme oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Isı değiştiricisi, Nanoakışkan, Grafit, Saf su, Etkinlik, Helisel boru, Nano partikül.*

IMPROVING THE PERFORMANCE OF HEAT EXCHANGERS USING GRAPHITE CONTAINING NANOFLUID

ABSTRACT

In this study, the effect of nanofluid usage on heat transfer was investigated in order to improve heat transfer by using a spiral tube in a double tube type heat exchanger. When nanofluid and pure water are used in the study, the effect of heat transfer and efficiency coefficient and comparison of these two were experimentally investigated. The hot water flow rate was kept constant at 3 l/min and the temperature at 55°C. The ratios of hot and cold fluid flow are taken as 1, 0.75, 0.5 and 0.25. In other words, the cold fluid flow rate was given to the system as 3,4,6,12 l/min and observations were made. As a result of the results obtained, it was observed that nanofluid is efficient in this type of heat exchanger. In the data obtained after the system stabilizes. In the data obtained after the system became stable, it was observed that it had an improvement rate of 13.23% at a flow rate of 3 l/min in parallel flow compared to graphite water.

Keywords: *Heat exchanger, Nanofluid, Graphite, Pure water, Effectiveness, Spiral Tube, Nanoparticle*

1. Giriş

Günümüzde teknolojinin gelişmesine bağlı olarak endüstride duyulan ihtiyaçlar önemli oranda değişmeye başlamıştır. Özellikle son dönemlerde artan enerji ihtiyacı ile birlikte enerjinin daha verimli kullanımı için yapılan çalışmalar artmıştır. İklimlendirme, ısıtma ve soğutma sistemleri çalışma yapılan alanların başında gelmektedir. Isı transferi çalışmalarında farklı akışkanlar kullanılmaya başlanılmıştır.

¹ e-posta: yagizcotur@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9429-0074>

^{2*} e-posta: tarkan.koca@inonu.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6881-4153> (Sorumlu Yazar)

Son yıllarda nano boyutlardaki parçaların üretimi ve sıvılara süspansiyon edilmesi ile oluşan nanoakışkanlar oldukça dikkat çekmektedir. Nanopartiküllerin ısı iletkenlik katsayılarının yüksekliği nedeniyle bu materyaller geleneksel sıvılardan daha iyi ısı iletkenliğe sahiptir. Sıvılara süspansiyon edilen bu nano parçalar saf metaller, alaşımlar ve oksit bileşenlerden oluşmaktadır. Nanoakışkan oluşturulurken su, yağ, etilen ve glikol gibi sıvılar tercih edilmektedir. Isıl performansla etki eden başlıca parametrelerden olan ısı iletim katsayısı ve yüzey alanı, nanoakışkanlar tarafından artırıldığı için verimli sistemler elde edilmektedir. Fakat nanoakışkanlar oluşturulurken tam homojen bir karışım elde edilemediği için başta çökeltme, basınç düşüşü olmakta ayrıca sistemlerde aşınmalar olabilmektedir. Isıl performanslarının yüksek olması göz önüne alındığında bu gibi olumsuzlukları gidermek için çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu tür avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurarak birçok deney ve çalışma da deney akışkanı olarak nanoakışkanlar kullanılmaktadır.

Xuan ve ark. [1] çalışmalarında; nanopartiküllerin eklenmesi ile iş yapan akışkanın ısı transferi performansının önemli derecede iyileşmesine neden olan temel fiziksel olayları incelemiştir. Netice olarak akışkan içerisine süspansiyon edilen partiküllerin akışkanın yüzey alanını ve ısı kapasitesini büyüttüğünü, nanopartiküllerin akışkan efektif ısı kapasitesini artırdığını, akışkanın çalkantılarının ve türbülans şiddetinin arttığını, partiküller arasındaki etkileşim ve çarpışmaların akışkanın yüzey alanının artmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Chein ve Chuang [2] yaptıkları çalışmada, CuO-su akışkanının soğutma performansını gözlemlemiştir. Akışkan tarafından tutulan ısı direnç, enerji ve basınç kayıpları bir yana, optik mikroskopla gözlemlenen nano parçacıkların çöküntü görüntülerini ortaya çıkarmışlardır. Sistemde nanoakışkan geçen mikro kanalların, su geçen mikro kanallara göre daha fazla ısı tuttuğunu ve daha düşük duvar sıcaklıklarına ulaştığını tespit etmişlerdir. Sundar ve ark. [3] yaptıkları çalışmada, sabit ısı akısında dairesel boruda akan MWCNT-Fe₃O₄/su hibrid nanoakışkanlarının, türbülanslı akış için ısı transfer katsayısı ile sürtünme faktörünü incelemiştir. Bu çalışma %0,3'lük bir partikül oranında 22000 Reynolds sayısında, Nusselt sayısında %31,1 artış ve %18'lik basınç düşüşü olduğunu göstermiştir. Khedkar ve ark. [4] eş merkez borulu ısı değiştiricisinde TiO₂-su nanoakışkanı ile ısı transferini incelemiştir. Aynı Reynolds sayısı aralığında nano partikül eklenmesi, baz akışkandaki ısı performansı arttırmış ve baz akışkana göre daha yüksek ısı transfer katsayısı elde edilmiştir. Noghabai ve Rashid [5] yaptıkları çalışmada sabit ısıda ve dairesel tüpte nanoakışkanların ısı performansını gözlemlemiştir. Saf su ile karşılaştırma yapıldığında nanoakışkan %0,9 hacim konsantrasyonunda Reynolds sayısının 2070 olduğu değerde ortalama ısı transferinin %16,8 arttığı görülmüştür. Kılınç ve ark. [6] araç radyatöründeki ısı transferini artırmak için saf su, grafit oksit ve grafit nano ribon nanoakışkanlarını kullanarak deneysel çalışma yapmışlardır. Farklı debi ve farklı sıcaklıklarda deneyler yaptıktan sonra, ısı transfer katsayısındaki en yüksek artışı %0,01 su tabanlı grafit oksit için %8,7 ve %0,01 su tabanlı grafit nano ribon için %18,9 bulmuşlardır.

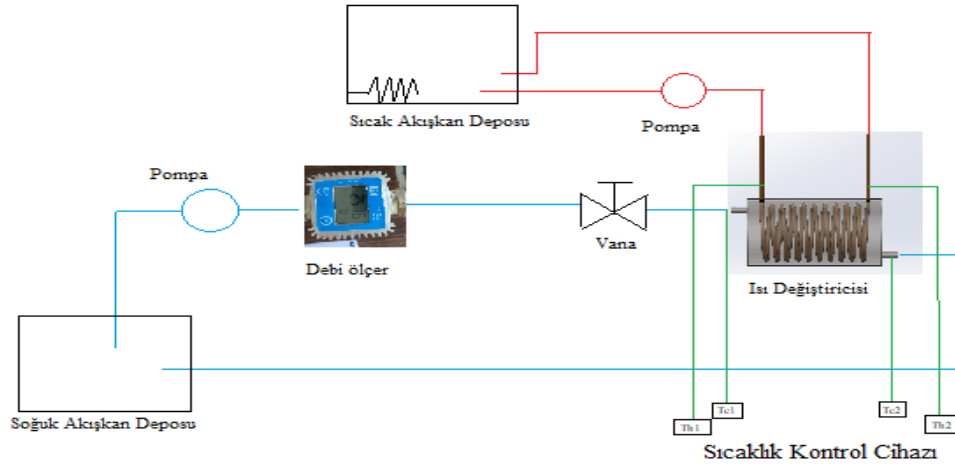
Bu çalışmada iç borusu helisel boru olan çift borulu ısı değiştiricisinde nanoakışkanın ısı performansla etkisini ölçmek için saf su ile nanoakışkan kıyaslanarak deneyler yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Hazırlanan sistemde sıcak akışkan sıcaklığı (55°C) sabit tutulmuştur. Soğuk akışkan 4 farklı debide (3 l/dk, 4 l/dk, 6 l/dk ve 12 l/dk) olmak üzere paralel akış şartları için ayrı ayrı deneyler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ile Reynolds sayısındaki değişim, Nusselt sayısındaki değişim, ısı transfer hızındaki değişim ve ısı etkinliği değerleri hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Deneysel Sistem

Deney seti İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarına kurulmuş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney için grafit nano partikülleri saf su içerisine hacimce %0,25 oranında eklenerek Reynolds sayısı, Nusselt sayısı, ısı transfer hızı ve ısı etkinliği incelenmiştir. Deney setinin şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Deney seti çift borulu ısı değiştirici, sirkülasyon pompası, ısıtıcı depo, debi ölçer ve sıcaklık kontrol cihazlarından oluşmaktadır. Akışkan Debinin sabit

tutulması için sirkülasyon pompası kullanılmıştır. Kullanılan pompanın debisi 3 l/dk'dır. Isıtma sisteminin sabit ısı şartlarına göre ayarlanabilmesi için elektrikli ayarlı rezistans kullanılmıştır. Soğuk akışkanın debisini kontrol edebilmek ve bu akışı doğrulamak için debi ölçer ve ayarlı vandan faydalanılmıştır. Deney setinde sistemdeki akışkanların sıcaklıklarını kontrol altına tutmak ve doğru veri almak için sıcak ve soğuk akışkan giriş ve çıkışlarına birer adet olmak üzere toplam 4 adet Tekon marka K tipi termokupl eklenmiştir. Bu termokupllardan alınan veriler Elimko marka E-58 modelindeki sıcaklık kontrol cihazı ile kaydedilmiştir.



Şekil 1. Deney setinin şematik gösterimi

Deney setinin farklı açılardan fotoğrafı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deney setinin farklı açılardan görünümü

2.2. Nano Partikül, Saf Suyun Özellikleri ve Nanoakışkanın Hazırlanması

Yapılan deneyde grafit nano partikülleri ve saf su ile oluşturulan nanoakışkan kullanılmıştır. Grafit ve saf suya ait teknik ve termodinamik özellikler Çizelge 1’de gösterilmiştir. Ultrasonifikatör ve homojenizatör kullanılarak hacimce %0,25 konsantrasyonda nanoakışkan oluşturmak için 8 litre saf suya 46 gr grafit parçacıkları eklenmiştir. Ultrasonifikatör cihazı ultrasonik titreşimler sağlayarak nanoakışkanda nano partiküllerin çökmesini engellemek için kullanılmıştır. Nanoakışkanın kararlı hale gelebilmesi için 5 saat süresince kullanılan Hiel Sher Up 400 ST ultrasonifikatör cihazı 400 watt güce ve 63 Hz’lik frekansa sahiptir. Nanoakışkan İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında hazırlanmıştır. Nanoakışkanların hazırlanma sürecine ait homojenizatör ve ultrasonifikatör cihazlarının görünümü Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Homojenizatör ve ultrasonifikatör

Çizelge 1. Grafit ve saf suyun termodinamik özellikleri

	Grafit	Saf Su
ρ (kg/m ³)	2300	992
C_p (J/kgK)	711	4182
k (W/mk)	168	0,618
μ (mPa.s)	-	0,62

2.3. Teorik Analiz

2.3.1. Hesaplama Yöntemi

-Kesit alanı (m²)

$$A = \frac{\pi \cdot d_{ic}^2}{4} \quad (2.1)$$

-Yüzey alanı (m²)

$$A_{yüzey} = \pi \cdot d_{ic} \cdot L \quad (2.2)$$

-Sıcak suyun hızı (m/sn)

$$v_h = \frac{\dot{m}_n}{\rho \cdot A} \quad (2.3)$$

-Sıcak akışkanın birim zamanda verdiği ısı (W)

$$\dot{Q}_h = \dot{m} \cdot c_{p,h} \cdot (T_{h_1} - T_{h_2}) \quad (2.4)$$

Burada nanoakışkanın özgül ısısı (Cp) Xuan ve Roetzel modeli kullanılarak hesaplanmaktadır [7].

$$c_{p,nf} = \frac{\phi \cdot (\rho_n \cdot c_{p,n}) + (1-\phi) \cdot (\rho_f \cdot c_{p,f})}{\rho_{nf}} \quad (2.5)$$

Denklem 2.5'deki yoğunluk, saf su için soğuk su tablolarından okunmaktadır, nanoakışkan yoğunluğu ise Pak ve Choi modeli ile 2.6 nolu denklem ile tahmin edilmektedir [8]. Burada ρ yoğunluğu, n nano partikülleri, f temel sıvıyı ve nf nano sıvıyı temsil etmektedir. ϕ ise nano partikülün hacimsel oranını simgelemektedir.

$$\rho_{nf} = \phi \cdot \rho_n + (1 - \phi) \cdot \rho_f \quad (2.6)$$

-Ortalama logaritmik sıcaklık farkı (K)

$$\Delta T_{log} = \frac{(T_{h_1} - T_{y_1}) - (T_{h_2} - T_{y_2})}{\ln \left(\frac{T_{h_1} - T_{y_1}}{T_{h_2} - T_{y_2}} \right)} \quad (2.7)$$

-Isı Taşınım Katsayısı (W/m²K)

$$Q_h = U \cdot A_s \cdot \Delta T_{log} \quad (2.8)$$

$$UA = \frac{1}{\frac{1}{h_i \cdot A} + \frac{1}{k \cdot A} + \frac{1}{h_o \cdot A}} \quad (2.9)$$

Boru et kalınlığı çok düşük olduğu için ihmal edilirse;

$$U = h_i \quad (2.10)$$

Elde edilir ve

$$Q_h = h \cdot A_y \cdot \Delta_{log} \quad (W) \quad (2.11)$$

Buradan;

$$h = \frac{Q_h}{A_y \cdot \Delta T_{log}} \quad (2.12)$$

-Nusselt Sayısı

$$d_{eş} = d_{iç} \quad (2.13)$$

$$Nu = \frac{h \cdot d_{eş}}{k} \quad (2.14)$$

Nusselt sayısı hesabında ısı iletkenlik saf su için yine tablolardan okunmuştur. Nanoakışkan için ise Maxwell-Garnet modeli ile denklem 2.12 kullanılarak hesaplanmıştır [9].

$$k_{nf} = k_f \cdot \frac{k_n + 2k_f - 2\phi(k_f - k_n)}{k_n + 2k_f + \phi(k_f - k_n)} \quad (2.15)$$

Burada geçen ϕ nano partiküllerin hacimsel oranını vermektedir ve denklem 2.16 ile hesaplanmaktadır. m_n ve m_f partiküllerin ve kullanılan temel sıvının kütesidir.

$$\phi = \frac{\frac{m_n}{\rho_n}}{\frac{m_n}{\rho_1} + \frac{m_f}{\rho_f}} \quad (2.16)$$

-Reynolds Sayısı

$$Re = \frac{\rho \cdot V_h \cdot d_{e_s}}{\mu_h} \quad (2.17)$$

-Etkinlik Değeri [10]

$$\varepsilon = \frac{Q_{gerçek}}{Q_{max}} \quad (2.18)$$

$$Q_{gerçek} = \dot{m}_h \cdot c_{p_h} \cdot (T_{h_2} - T_{h_1}) \quad (2.19)$$

$$Q_{max} = \dot{m}_c \cdot c_{p_c} \cdot (T_{h_1} - T_{c_1}) \quad (2.20)$$

-İyileştirme Oranı

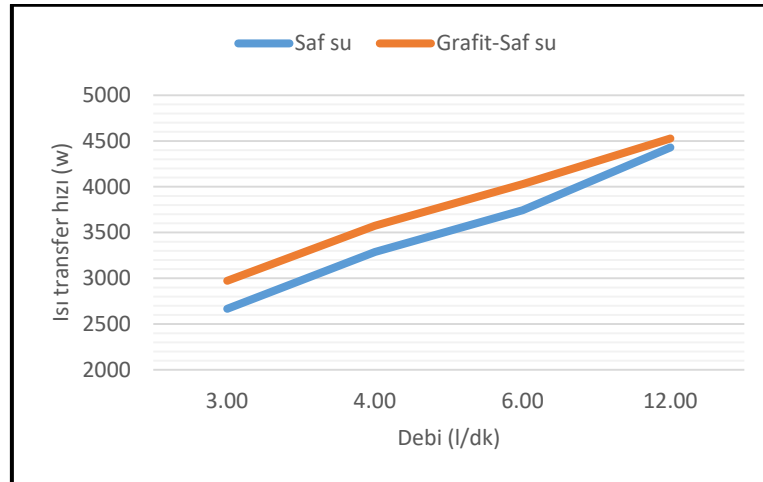
$$\frac{\varepsilon_{grafit} - \varepsilon_{su}}{\varepsilon_{su}} \quad (2.21)$$

ile hesaplanmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada paralel akış şartlarında ısı verimlilik gözlemlenmiştir. Deney setinde paralel akış şartlarında sıcak akışkan (saf su ve nanoakışkan) sabit sıcaklıkta ve debide, soğuk akışkan (saf su) 3,4,6 ve 12 l/dk hacimsel debide iken ısı transfer değişimi incelenmiştir.

Deney akışkanı olarak grafit-saf su nanoakışkanı kullanımının ısı verimliliği artırdığı gözlemlenmiştir. Paralel akışta bu iki sıvının ısı transfer hızının karşılaştırılması Şekil 4’de verilmiştir.

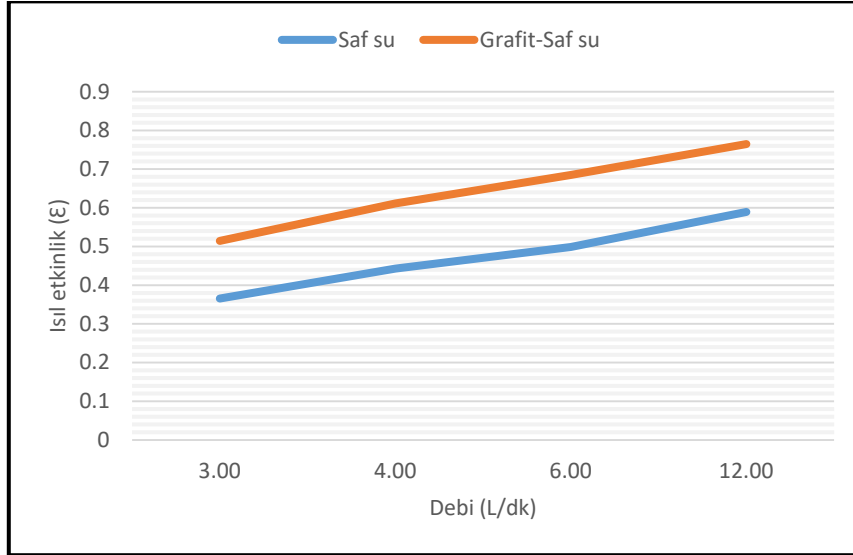


Şekil 4. Isı transfer hızının debideki değişimi

Temel sıvıya katılan nano partiküller ısı transfer hızını olumlu yönde etkilemektedirler [11-12]. Grafit-saf su nanoakışkanı, saf suya göre 3 l/dk debide %11,51, 4 l/dk debide %8,69, 6 l/dk debide

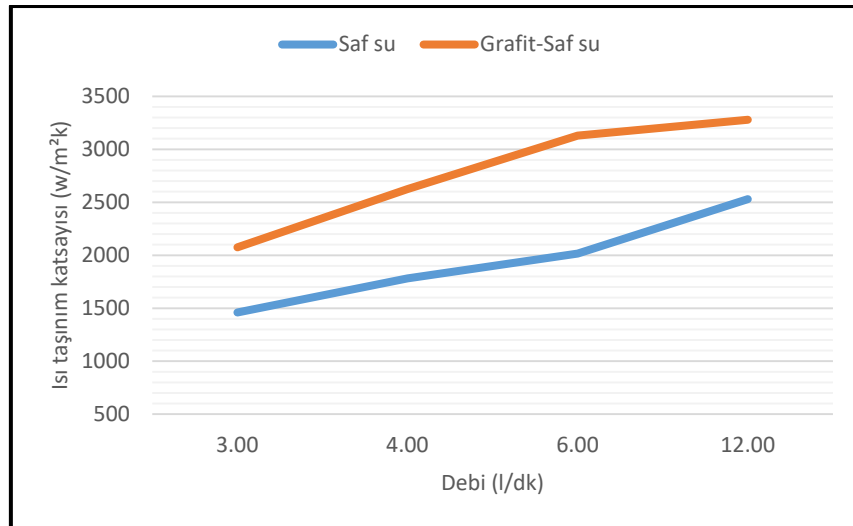
%7,62 ve 12 l/dk debide %2.21 daha yüksek ısı transfer hızına sahiptir. Isı transfer hızında artış farkı, düşük debilerde daha belirgindir.

Akışkanların ısıl etkinliği denklem 2.18 ile hesaplanmış olup nanoakışkanın ısıl etkinliğe olan etkisi gözlemlenmiştir. Akışkanlar arasındaki ısıl etkinlik farkı Şekil 5’de gösterilmektedir. Isıl etkinlik katsayısında 3 l/dk debide %40,83, 4 l/dk debide %38, 6 l/dk debide %37,3 ve 12 l/dk debide %29,71 oranında grafit- saf su nanoakışkanının kullanımının daha iyi olduğu görülmüştür.



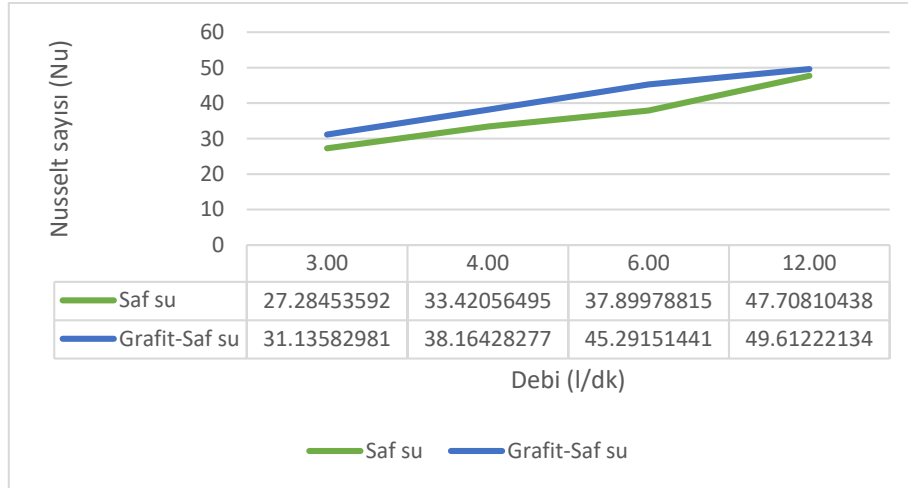
Şekil 5. Isıl etkinlik farkı

Grafit nano partiküllerin termofiziksel özellikleri nedeniyle, akışkana süspansedildiğinde yüzey alanını arttırdığından ısı transfer hızını etkilemesi beklenmektedir. Şekil 6’da deney akışkanı olarak kullanılan grafit-saf su nanoakışkanı ve saf su arasındaki ısı taşınım farkı görülmektedir.



Şekil 6. Isı taşınım katsayısının değişimi

Isı taşınım katsayısının ısı iletim katsayısına oranı olan Nusselt sayısı denklem 2.14 ile hesaplanabilir. Yapılan çalışmada Nusselt sayısının debiye göre değişimi gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar Şekil 7’de verilmiştir. Grafit-saf su nanoakışkanının kullanıldığı deneyde saf su ile yapılan deneylere göre Nusselt sayısındaki artışlar 3 ve 4 l/dk debilerde %14,1, 6 l/dk debide %19,7 ve 12 l/dk debide %3,99 oranında olmuştur.



Şekil 7. Nusselt sayısındaki değişim

4. Sonuç

Yapılan deneyde içinde sıcak akışkan olarak saf su bulunan çift boru tipli ısı değiştiricinin içeriğini değiştirip suya grafit nano partiküllerinin süspansiyonu edilmesi ile ısı transferinin, etkinlik katsayısının ve iyileştirme oranlarının farklı debilerde etkileri incelenmiştir.

Çalışmada grafit/saf su bazlı nanoakışkan kullanılarak, ısı transfer hızı, toplam ısı transferi ve Nusselt sayısı gibi termal performans değerlerinde saf suya göre iyileştirmeler yapılmıştır. Deneyde elde edilen verilere göre sıcak akışkana nano partikül olarak grafit eklenmesi ısı transferini artırmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

Grafit-saf su nanoakışkanının kullanıldığı deneyde ısı performansın saf su ile yapılan deneye göre daha iyi olduğu görülmüştür. Aynı zamanda Nusselt sayısının daha yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Grafit-saf su nanoakışkanının ısı transfer katsayısının suya göre yüksek olması deney sonuçlarında belirgin olarak görülmüştür. Grafit-saf su nanoakışkanının saf suya göre ısı taşınım katsayısının daha iyi olduğu deneysel çalışma ile de sağlanmıştır. Grafit- saf su nanoakışkan ve saf su arasındaki ısı performans farkı ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmada iyileştirme oranı sonuçları % cinsinden Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Grafit saf su nanoakışkan ile saf su arasındaki iyileştirme oranı

Debi (l/dk)	İyileştirme oranı (%)
3	13,23
4	10,96
6	12,17
12	4,35

Sonuç olarak bu çalışmada grafit/saf su bazlı nanoakışkan kullanılarak, ısı transfer hızı, toplam ısı transferi ve Nusselt sayısı gibi termal performans değerlerinde saf suya göre iyileştirmeler yapılmıştır. Bu çalışmada paralel akış şartlarında alınan sonuçlar farklı tipteki literatür çalışmaları ile uyum sağlamıştır. Ayrıca bu çalışmada kullanılan farklı tip bir ısı değiştiricisi ile elde edilen sonuçların literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Nanoakışkanları oluşturan nanoparçacıkların türbülanslı bir akışta ısı verimliliği yüksek miktarda artırması oldukça önemlidir. Nanoakışkanların ısı değiştiricilerinde kullanılmasının verimliliğe etkisini tespit edebilmek için daha çok çalışma yapılmalıdır.

Kaynaklar

- [1] Xuan Y., Li Q. Heat transfer enhancement fo nanofluids, *Int J Heat Fluid Flow* 2000, 21, 58-64.
- [2] Chein R., Chuang J. Experimental microchannel heat sink performance studies using nanofluids, *International Journal of Thermal Sciences* 2007, 46(1) 57-66.
- [3] Sundar S., Singh M., Antonio CMS. Enhanced heat transfer and friction factor of MWCNT–Fe3O4/water hybrid nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 2014, 52, 73–83.
- [4] Khedkar RS., Sonawane SS., Wasewar KL. Heat transfer study on concentric tube heat exchanger TiO₂–water-based nanofluid. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 2014, 57, 163-169.
- [5] Noghrehabadi A., Rashid P. Experimental investigation of forced convective heat transfer enhancement of γ -Al₂O₃/water nanofluid in a tube. *Journal of Mechanical Science and Technology* 2016, 30 (2), 943-952.
- [6] Kılınç F., Buyruk E., Karabulut K. Araç radyatörünün ısı transferi performansının su tabanlı nanoakışkanlar kullanılarak deneysel olarak araştırılması. *Tesisat Mühendisliği* 2019, 27, 37-46.
- [7] Xuan Y., Roetzel, W. Conceptions for heat transfer correlation of nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 2000, 43(19), 3701-3707.
- [8] Pak B.C., Choi Y.I. Hydrodynamic and heat transfer study of dispersed fluids with submiron metallic oxide particle. *Experimental Heat Transfer and Internation Journal* 1998, 11 (2), 151-170.
- [9] Mawell J.C., Garnett J.C. Colours in metal glasses and in metallic films. *Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical, Physical and Engeneering Sciences* 1904, 203, 385-420.
- [10] Selbaş R., Sencan AM., Kılıç, B. Alternative approach in thermal analysis of plate heat exchanger. *Heat and Mass Transfer* 2009, 45, 323-329.
- [11] Koca T. The effect of using Al₂O₃/water-based nanofluid on heat transfer in heat exchangers with rotating straight inner tube. *Heat Transfer Research* 2021, 52(2), 29-43.
- [12] Akçay S. İçerisinde bölmeler bulunan zigzag bir kanalda nanoakışkanların termo-hidrolik performansının incelenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2021, 8(15), 525-535.